



Universidade de Aveiro

2012

Departamento de Ambiente e
Ordenamento

Catarina Simão Lourenço

Dinâmica da Duna Frontal em Função das Intervenções Humanas



Universidade de Aveiro

2012

Departamento de Ambiente e
Ordenamento

Catarina Simão Lourenço

Dinâmica da Duna Frontal em Função das Intervenções Humanas

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ciências do Mar e Zonas Costeiras, realizada sob a orientação científica do Doutor António Campar de Almeida, Professor associado com agregação da Faculdade de Letras, Departamento de Geografia da Universidade de Coimbra e do Doutor Paulo Renato Enes Baganha Baptista, estagiário de pós-doutoramento, CESAM- Centro de Estudos do Ambiente e do Mar da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus pais, avó e irmão pela presença,
ajuda, ternura, paciência, apoio e inesgotável amor

O júri

presidente

Prof. Dr^a. Filomena Maria Cardoso Pedrosa Ferreira Martins
Professora associada da Universidade de Aveiro

Prof. Dr^a. Cristina Maria de Almeida Bernardes
Professora associada da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. António Campar de Almeida
Professor associado com agregação – Dep. Geografia da Universidade de Coimbra
(orientador)

Dr. Paulo Renato Enes Baganha Baptista
Estagiário de pós-doutoramento, CESAM- Centro de Estudos do Ambiente e do Mar
da Universidade de Aveiro (coorientador)

agradecimentos

Ao Prof. Dr. Campar de Almeida, na qualidade de orientador científico, a total disponibilidade e conhecimentos transmitidos no domínio da geografia e geologia costeira.

Ao Dr. Paulo Baptista, na qualidade de coorientador científico, pelas excelentes condições que me proporcionou com a sua total disponibilidade, pelos conhecimentos de geodesia espacial e funcionamento de *DGPS* transmitidos, assim como, a disponibilização do material para a realização dos trabalhos de campo e dos programas de tratamento de dados.

À Prof. Dr^a. Filomena Martins, na qualidade de diretora de mestrado, pelo esclarecimento de dúvidas e ajuda nos processos burocráticos.

À Prof. Dr^a. Cristina Bernardes, pela ajuda prestada ao longo do meu percurso académico, pela disponibilidade, carinho e simpatia para com os seus alunos. Por todos os ensinamentos académicos e científicos e pela escola de vida que transmite.

Ao Prof. Dr. Carlos Ferreira, pelas sugestões dadas que muito contribuíram para melhorar o presente trabalho, pela sua análise crítica, pela sua perspicácia, apoio e ajuda incansáveis e incentivo permanente.

Aos meus colegas e amigos de mestrado pela amizade e partilha, pelo apoio e ajuda nos momentos menos bons e pelas risadas

proporcionadas. Um agradecimento especial à Andreia e Paulo pelo dia passado no campo.

Aos meus amigos por todos os momentos de amizade e de fraternidade. Em especial à Maria Inês pelas leituras críticas, auxílio, pelas palavras de incentivo e pela paciência e calma.

À minha família, em especial aos meus pais, São e Tó-Zé, que nunca lhes poderei agradecer totalmente por tudo o que me deram e dão diariamente, e pelo amor que me ensinaram a nutrir por tudo o que existe. Um muito obrigada aos avós, primos, tios, cunhada e sobrinho pelas palavras carinhosas transmitidas.

Ao Nuno, por tudo! Por todos os momentos em que me deu a mão e me fez seguir em frente. Há coisas que existem mas não se partilham; existem para ouvir, ver, tocar, sentir e permanecer.

palavras-chave

dinâmica dunar, praias arenosas, monitorização, GPS, impacto humano

resumo

O litoral de Portugal Continental inclui grandes extensões de costa baixa arenosa entrecortada por troços de costa mais elevada com arribas ativas. A costa baixa arenosa possui, em muitos dos seus troços, cordões dunares frontais degradados por ações naturais e antrópicas, diretas e indiretas.

O objetivo deste trabalho é quantificar o impacto das ações antrópicas na dinâmica da duna frontal em três praias no centro de Portugal – Mira, Quiaios e Palheirão; estes casos de estudo correspondem a duas praias turísticas, de fácil acesso (Mira e Quiaios), em comparação com uma praia de difícil acesso (Palheirão).

Para quantificar o impacto antrópico, a dinâmica da duna é quantificada em oito perfis transversais, com o uso do Sistema de Posicionamento Global em modo Diferencial (DGPS), monitorizando as zonas com e sem passadiços. Os dados recolhidos entre novembro 2011 e julho 2012 correspondem a um período atípico de baixa pluviosidade e baixa intensidade do vento.

Um levantamento da vegetação predominante foi efetuado, comparando o estado de preservação nas três praias e evidenciando indícios da existência de ação antrópica e nível de consolidação da duna.

A hipótese desta investigação é que, neste período atípico, o impacto do vento e da pluviosidade nas mudanças dos perfis foi reduzido, permitindo isolar e quantificar o efeito da ação humana. Definem-se os limiares de ativação do perfil por efeitos meteorológicos (ventos > 20 km/h e pluviosidade de 0-0,9 mm/dia; e ventos >35 km/h e pluviosidade ≥ 1 mm/dia).

Os resultados demonstram que apesar da elevada ação antrópica em duas das praias monitorizadas, o impacto da ação antrópica é reduzido e similar ao verificado na praia de controlo.

Esta investigação é relevante para analisar o impacto efetivo das intervenções antrópicas na dinâmica da duna frontal em zonas turísticas.

keywords

dune dynamics, sandy beaches, monitoring, GPS, human impact

abstract

The coast of Portugal includes large tracts of low sandy coast interrupted by stretches of coast with cliffs. The low sandy coast has, in many of its sections, foredune ridges degraded by natural and anthropogenic actions, direct and indirect.

The objective of this study is to quantify the impact of human actions on the foredune dynamics at three beaches in central Portugal - Mira, Palheirão and Quiaios; these case studies correspond to two tourist beaches with easy access (Mira and Quiaios) in comparison with a beach of more difficult access (Palheirão).

To quantify the impact of human action, the dynamic of the foredune is measured on eight profiles transverse to the coastline, using the Global Positioning System in differential mode (DGPS). The data was collected between November 2011 and July 2012, representing an atypical period of low rainfall and low wind speed.

In parallel, a study of the predominant vegetation was carried out, in order to compare its state of preservation for the three beaches, and providing evidence of the level of consolidation and risk of the dunes.

The research hypothesis is that, in this atypical period, the impact of wind and precipitation on the profiles is small, allowing to isolate and quantify the effect of human action. We define the thresholds for activation profile weather effects (winds > 20 km / h and 0 to 0.9 mm of rainfall / day, and winds > 35 km / h and rainfall ≥ 1 mm / day).

The results show that, despite the high human action in two of the monitored beaches, the impact is small and similar to that measured in the control beach.

This research is relevant to analyze the actual impact of human interventions on the dynamics of foredune in tourist areas.

Índice

agradecimentos.....	ix
resumo	xi
abstract	xiii
Índice	xiv
Índice de Figuras	xvii
Índice de Tabelas.....	xxi
Acrónimos	xxii
I. INTRODUÇÃO	2
1.1- Estrutura do Capítulo	2
1.2 - Relevância do Tema	2
1.3- Relevância do Estudo	3
1.4 - Objetivos do Estudo	3
1.5 - Metodologia.....	5
1.6 - Estrutura da Dissertação	6
1.7 - Trabalhos Anteriores.....	7
1.8 - Enquadramento oceanográfico.....	7
1.9 - Enquadramento meteorológico.....	9
1.10 - Ação Antrópica	9
1.11 - Técnicas e Metodologias.....	10
1.12 - Enquadramento do Estudo	11
II.ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	14
2.1 - Estrutura do Capítulo	14
2.2 - Aspectos gerais da geomorfologia.....	14
2.2.1- Tipos Morfológicos de Dunas.....	16
2.2.2 - Morfologia e subdivisão dos sistemas dunares/vegetação	21
2.2.3- Tipos de vegetação e as suas adaptações ecológicas	23
2.2.4 -Vegetação por Zonas.....	28
2.3 - Usos e Impactes	29
2.4 - Princípios básicos do levantamento geomorfológico – GPS.....	32
III.ÁREA DE ESTUDO.....	36
3.1 - Estrutura do Capítulo	36

3.2 - Enquadramento geográfico da área de estudo	36
3.2.1 - Praia de Mira	39
3.2.2 - Praia do Palheirão	40
3.2.3 - Praia de Quiaios	40
3.3 - Sistema Dunar Mira-Quiaios	41
3.3.1 - Cordão dunar frontal da Praia de Mira	42
3.3.2 - Cordão dunar frontal da Praia do Palheirão	43
3.3.3 - Cordão dunar frontal da Praia de Quiaios.....	44
3.4 - Geologia e Geomorfologia	45
3.4.1 - Praia de Mira e Praia do Palheirão.....	45
3.4.2 - Praia de Quiaios	46
3.5 - Clima e Agitação Marítima	47
3.5.1 – Clima	47
3.5.2 - Agitação Marítima.....	61
IV. MATERIAIS E METODOLOGIA	64
4.1 - Estrutura do Capítulo	64
4.2 - Metodologia.....	64
4.2.1 - Revisão da literatura	64
4.2.2 - Quantificação da dinâmica das dunas.....	65
4.2.3 - Quantificação do clima.....	73
4.2.4 - Estudo/levantamento das espécies vegetais	74
V. RESULTADOS	76
5.1 – Estrutura do capítulo.....	76
5.2 - Comparação dos perfis	76
5.2.1 - Praia de Mira	77
5.2.2 - Praia do Palheirão	95
5.2.3 - Praia de Quiaios	107
5.3 - Identificação da vegetação	124
5.3.1 - Vegetação das dunas na Praia de Mira	124
5.3.2 - Vegetação das dunas na Praia do Palheirão	127
5.3.3 - Vegetação das dunas na Praia de Quiaios	129
VI. DISCUSSÃO DE RESULTADOS	134
6.1 - Discussão dos resultados dos perfis na Praia de Mira	135

6.1.1 - Perfil Transversal Sul na Praia de Mira.....	135
6.1.2 - Perfil Transversal Intermédio na Praia de Mira	137
6.1.3 - Perfil Transversal Norte na Praia de Mira	138
6.2 - Discussão dos resultados dos perfis na Praia do Palheirão	138
6.2.1 - Perfil Transversal Sul na Praia do Palheirão.....	139
6.2.2 - Perfil Transversal Norte na Praia do Palheirão	139
6.3 - Discussão dos resultados dos perfis na Praia de Quiaios.....	139
6.3.1 - Perfil Transversal Sul na Praia de Quiaios	139
6.3.2 - Perfil Transversal Intermédio na Praia de Quiaios.....	140
6.3.3 - Perfil Transversal Norte na Praia de Quiaios.....	141
6.4 – Comparação entre perfis das diversas praias analisadas.....	141
6.5 - Análise da Vegetação	142
6.5.1 – Praia de Mira	142
6.5.2 – Praia do Palheirão	142
6.5.3 – Praia de Quiaios.....	143
VII.CONSIDERAÇÕES FINAIS	146
Referências Bibliográficas	151
Referências Eletrónicas	157
Glossário.....	158
Anexos.....	162

Índice de Figuras

Figura II-1: Esquema representativo das três zonas de praia (C. Bernardes (2009)).....	15
Figura II-2: Representação esquemática de dunas barcanas (Fryberger, 2001 [5]).	18
Figura II-3: Representação esquemática de dunas parabólicas (Fryberger, 2001 [5]).	18
Figura II-4: Representação esquemática de blowouts (Fryberger, 2001 [5]).	19
Figura II-5: Representação esquemática de dunas em domos (Fryberger, 2001 [5])......	19
Figura II-6: Representação esquemática de dunas transversais (Fryberger, 2001 [5]).	20
Figura II-7: Representação esquemática de dunas longitudinais (Fryberger, 2001 [5]).	20
Figura II-8: Estrutura dos sistemas dunares (Ley <i>et al.</i> , 2007 <i>in</i> Sousa, 2010 (adaptado)).	22
Figura II-9: Formação de depressões interdunares (Bird,2001 <i>in</i> Sousa,2010).	23
Figura II-10: <i>Ammophila arenaria</i> (estorno) na praia de Quiaios a 20 de Maio de 2012.	25
Figura II-11: <i>Elymus farctus</i> (feno-das-areias) na praia do Palheirão a 21 de Maio de 2012.	25
Figura II-12: <i>Otanthus maritimus</i> (cordeiros-da-praia) na praia do Palheirão a 21 de Maio de 2012.	26
Figura II-13: <i>Eryngium maritimum</i> (cardo-marítimo) na praia de Quiaios a 20 de Maio de 2012... ..	27
Figura II-14: <i>Calystegia soldanella</i> (couve-marítima) na praia do Palheirão a 21 de Maio de 2012. ..	27
Figura II-15: <i>Artemisia crithmifolia</i> (erva-lonbrigueira; madorneira) na praia de Quiaios a 20 de Maio de 2012.	27
Figura II-16: Representação da deriva litoral num campo de esporões (adaptado de Carter, 1988 <i>in</i> Sousa, 2010).	31
Figura II-17: Satélites (24) em órbita em redor da terra.	32
Figura III-1: Geomorfologia da zona costeira portuguesa (INAG,2006)......	37
Figura III-2: Localização geográfica das três praias em estudo em Portugal Continental: a) praia de Mira ([4]); b) praia do Palheirão ([4]) e c) praia de Quiaios ([4]).	38
Figura III-3: Exemplo de paliçadas na praia de Mira (21-5-2012 - vento de 13,3 km/h de W; agitação marítima - 0,81m, baixa-mar).	39
Figura III-4: Exemplo de acessos pedonais (passadiço) na praia do Palheirão (21-5-2012 - vento de 13,3 km/h de W; agitação marítima - 0,81 m, baixa-mar).	40
Figura III-5: Passadiço longitudinal ao longo da praia de Quiaios (20-5-2012 - vento de 19,4 km/h de W; agitação marítima - 3,20 m, preia-mar).	41
Figura III-6: Sedimentos cobrindo os passadiços: A- praia de Quiaios (20-5-2012 - vento de 19,4 km/h de W; agitação marítima - 3,20 m, preia-mar); B – praia de Mira (21-5-2012 - vento de 13,3 km/h de W; agitação marítima -0,81 m, baixa-mar).	42
Figura III-7: Cordão dunar frontal na praia de Mira (zona Norte) (21-5-2012 - vento de 13,3 km/h de W; agitação marítima - 0,81 m, baixa-mar).	43
Figura III-8: Cordão dunar frontal da praia do Palheirão em bom estado de conservação (21-5-2012 - vento de 13,3 km/h de W; agitação marítima - 0,81 m, baixa-mar).	43
Figura III-9: Estado da vegetação no cordão dunar frontal da praia do Palheirão (21-5-2012 - vento de 13,3 km/h de W; agitação marítima - 0,81 m, baixa-mar).	44
Figura III-10: Visão panorâmica do cordão dunar frontal da praia de Quiaios (20-5-2012 - vento de 19,4 km/h de W; agitação marítima - 3,20 m, preia-mar).	44

Figura III-11: Desgaste na lateral Norte do passadiço Norte na praia de Quiaios (20-5-2012 - vento de 19,4 km/h de W; agitação marítima - 3,20 m, preia-mar) – corredor eólico bem desenvolvido.	45
Figura III-12: Pluviosidade mensal durante o período de campanhas em Quiaios ([1]).	49
Figura III-13: Pluviosidade mensal durante o período de campanha em Mira e Palheirão ([1]).	49
Figura III-14: Comparação do vento para a primeira campanha (dados de 18/10 a 6/11).	52
Figura III-15: Comparação do vento para a segunda campanha (dados de 6/11 a 11/12).	53
Figura III-16: Comparação do vento para a terceira campanha (dados de 11/12 a 9/1).	54
Figura III-17: Comparação do vento para a quarta campanha (dados de 9/1 a 6/2).	55
Figura III-18: Comparação do vento para a quinta campanha (dados de 6/2 a 6/3).	56
Figura III-19: Comparação do vento para a sexta campanha (dados de 6/3 a 9/4).	57
Figura III-20: Comparação do vento para a sétima campanha (dados de 9/4 a 21/5).	58
Figura III-21: Comparação do vento para a oitava campanha (dados de 21/5 a 11/6).	59
Figura III-22: Comparação do vento para a nona campanha (dados de 11/6 a 6/7).	60
Figura IV-1: Sistema DGPS utilizado nas campanhas. a) Estação Fixa; b) Estação móvel.	68
Figura IV-2: Localização da estação de referência na praia de Mira.	69
Figura IV-3: Localização da estação de referência na praia do Palheirão.	69
Figura IV-4: Localização da estação de referência na praia de Quiaios.	70
Figura V-1: Localização dos perfis na praia de Mira ([4]) a) perfil transversal Sul; b) perfil transversal intermédio; c) perfil transversal a Norte.	77
Figura V-2: Perfis transversais Sul na praia de Mira 1ª à 9ª campanha.	78
Figura V-3: Trajetória no plano	78
Figura V-4: Perfis Transversais Sul na praia de Mira – A) 1ª e 2ª campanhas; B) 2ª e 3ª campanhas; C) 3ª e 4ª campanhas e D) 4ª e 5ª campanhas.	79
Figura V-5: Perfis Transversais Sul na praia de Mira – A) 5ª e 6ª campanhas; B) 6ª e 7ª campanhas; C) 7ª e 8ª campanhas e D) 8ª e 9ª campanhas.	80
Figura V-6: Diferença de cotas no perfil Sul na praia de Mira.	81
Figura V-7: Média e desvio padrão da diferença em relação com a variação da cota máxima da duna do Perfil Sul na praia de Mira.	82
Figura V-8: Evolução da cota máxima na duna do perfil Sul na praia de Mira. A- Referência novembro; B- Referência dezembro.	82
Figura V-9: Perfis transversais na zona intermédia na praia de Mira 1ª à 9ª campanha.	83
Figura V-10: Trajetória no plano.	83
Figura V-11: Perfil transversal intermédio na praia de Mira – A) 1ª e 2ª campanhas; B) 2ª e 3ª campanhas; C) 3ª e 4ª campanhas e D) 4ª e 5ª campanhas.	84
Figura V-12: Perfil transversal intermédio na praia de Mira – A) 5ª e 6ª campanhas; B) 6ª e 7ª campanhas; C) 7ª e 8ª campanhas e D) 8ª e 9ª campanhas.	85
Figura V-13: Diferença de cotas no Perfil Intermédio na praia de Mira	87
Figura V-14: Média e desvio padrão da diferença em relação com a evolução da cota máxima da duna do perfil Intermédio na praia de Mira.	88
Figura V-15: Evolução da cota máxima na duna do perfil intermédio na praia de Mira. A- Referência novembro; B- Referência dezembro.	88
Figura V-16: Perfis transversais Norte na praia de Mira 1ª à 9ª campanha.	89

Figura V-17: Trajetória no plano.	89
Figura V-18: Perfil transversal Norte na praia de Mira – A) 1ª e 2ª campanhas; B) 2ª e 3ª campanhas; C) 3ª e 4ª campanhas; D) 4ª e 5ª campanhas.	90
Figura V-19: Perfil Transversal Norte na praia de Mira – A) 5ª e 6ª campanhas; B) 6ª e 7ª campanhas; C) 7ª e 8ª campanhas e D) 8ª e 9ª campanhas.	91
Figura V-20: Diferença de cotas no Perfil Norte da praia de Mira.	93
Figura V-21: Média e desvio padrão da diferença em relação com a variação da cota máxima da duna do perfil Norte na praia de Mira.	94
Figura V-22: Evolução da cota máxima na duna do perfil Norte na praia de Mira. A-Referência novembro;B-Referência dezembro.	94
Figura V-23: Localização dos perfis na Praia do Palheirão ([4])- a) perfil transversal Sul; b) perfil transversal Norte.....	95
Figura V-24: Perfil transversal Sul na praia do Palheirão 1ª à 9ª campanha.	96
Figura V-25: Trajetória no plano.	96
Figura V-26: Perfil transversal Sul na praia do Palheirão –A) 1ª e 2ª campanhas; B) 2ª e 3ª campanhas; C) 3ª e 4ª campanhas e D) 4ª e 5ª campanhas.	97
Figura V-27: Perfil transversal Sul na praia do Palheirão – A) 5ª e 6ª campanhas; B) 6ª e 7ª campanhas; C) 7ª e 8ª campanhas e D) 8ª e 9ª campanhas.	98
Figura V-28: Diferença de cotas no Perfil Sul na praia do Palheirão.....	99
Figura V-29: Média e desvio padrão da diferença em relação com a variação da cota máxima da duna do perfil Sul na praia do Palheirão.	100
Figura V-30: Evolução da cota máxima na duna do perfil Sul na praia do Palheirão. A- Referência novembro; B- Referência dezembro.	100
Figura V-31: Perfil transversal Norte na praia do Palheirão 1ª à 9ª campanha.....	101
Figura V-32: Trajetória no plano.	102
Figura V-33: Perfil transversal Norte na praia do Palheirão – A)1ª e 2ª campanhas; B) 2ª e 3ª campanhas; C) 3ª e 4ª campanhas e D) 4ª e 5ª campanhas.	102
Figura V-34: Perfil transversal Norte na praia do Palheirão – A) 5ª e 6ª campanhas; B) 6ª e 7ª campanhas; C) 7ª e 8ª campanhas e D) 8ª e 9ª campanhas.	103
Figura V-35: Diferença de cotas no Perfil Norte na praia do Palheirão.	105
Figura V-36: Média e desvio padrão da diferença em relação com a variação da cota máxima da duna do perfil Norte na praia do Palheirão.	106
Figura V-37: Evolução da cota máxima na duna do perfil Norte na praia do Palheirão. A- Referência novembro; B- Referência dezembro.....	106
Figura V-38: Localização dos perfis na praia de Quiaios ([4]) - a) perfil transversal Sul; b) perfil transversal Intermédio; c) perfil transversal Norte.....	107
Figura V-39: Perfil transversal Sul na praia de Quiaios 1ª à 9ª campanha.....	108
Figura V-40: Trajetória no plano.	108
Figura V-41: Perfil transversal Sul na praia de Quiaios – A) 1ª e 2ª campanhas; B) 2ª e 3ª campanhas; C) 3ª e 4ª campanhas e D) 4ª e 5ª campanhas.	109
Figura V-42: Perfil transversal Sul na praia de Quiaios – A) 5ª e 6ª campanhas; B) 6ª e 7ª campanhas; C) 7ª e 8ª campanhas e D) 8ª e 9ª campanhas.	110
Figura V-43: Diferença de cotas no Perfil Sul na praia de Quiaios.	111

Figura V-44: Média e desvio padrão da diferença em relação com a variação da cota máxima da duna do perfil Sul na praia de Quiaios.	112
Figura V-45: Evolução da cota máxima na duna do perfil Sul na praia de Quiaios. A- Referência novembro; B- Referência dezembro.	112
Figura V-46: Perfil transversal intermédio na praia de Quiaios 1ª à 9ª campanha.	113
Figura V-47: Trajetória no plano.	113
Figura V-48: Perfil transversal intermédio na praia de Quiaios – A) 1ª e 2ª campanhas; B) 2ª e 3ª campanhas; C) 3ª e 4ª campanhas e D) 4ª e 5ª campanhas.	114
Figura V-49: Perfil transversal intermédio na praia de Quiaios – A) 5ª e 6ª campanhas; B) 6ª e 7ª campanhas; C) 7ª e 8ª campanhas e D) 8ª e 9ª campanhas.	115
Figura V-50: Diferença de cotas no Perfil intermédio na praia de Quiaios.	116
Figura V-51: Média e desvio padrão da diferença em relação com a evolução da cota máxima da duna do perfil intermédio na praia de Quiaios.	117
Figura V-52: Evolução da cota máxima na duna do perfil intermédio na praia de Quiaios. A- Referência novembro; B- Referência dezembro.	117
Figura V-53: Perfil transversal Norte na praia de Quiaios 1ª à 9ª campanha.	118
Figura V-54: Trajetória no plano.	118
Figura V-55: Perfil transversal Norte na praia de Quiaios – A) 1ª e 2ª campanhas; B) 2ª e 3ª campanhas; C) 3ª e 4ª campanhas e D) 4ª e 5ª campanhas.	119
Figura V-56: Perfil transversal Norte na praia de Quiaios – A) 5ª e 6ª campanhas; B) 6ª e 7ª campanhas; C) 7ª e 8ª campanhas e D) 8ª e 9ª campanhas.	120
Figura V-57: Diferença de cotas no Perfil Norte na praia de Quiaios.	122
Figura V-58: Média e desvio padrão da diferença em relação com a evolução da cota máxima da duna do perfil Norte na praia de Quiaios.	123
Figura V-59: Evolução da cota máxima na duna do perfil Norte na praia de Quiaios. A- Referência novembro; B- Referência dezembro.	123
Figura V-60: <i>Calystegia soldanella</i> (couve-marítima) (Praia de Mira a 21-05-2012).	125
Figura V-61: <i>Carpobrotus edulis</i> (chorão-das-praias) (Praia de Mira a 21-05-2012).	125
Figura V-62: <i>Crucianella maritima</i> (Granza-marítima) (Praia de Mira a 21-05-2012).	125
Figura V-63: <i>Eryngium maritimum</i> (cardo-marítimo) (Praia de Mira a 21-05-2012).	126
Figura V-64: <i>Euphorbia paralias</i> (Morganheira-das-praias) (Praia de Mira a 21-05-2012).	126
Figura V-65: <i>Honkenia peploides</i> (sapinho da praia) (Praia de Mira a 21-05-2012).	126
Figura V-66: <i>Calystegia soldanella</i> (couve-marítima) (Praia do Palheiro a 21-05-2012).	127
Figura V-67: <i>Elymus farctus</i> (feno-das-areias), (Praia do Palheiro a 21-05-2012).	127
Figura V-68: <i>Euphorbia paralias</i> (Morganheira-das-praias) (Praia do Palheiro a 21-05-2012).	128
Figura V-69: <i>Otanthus maritimus</i> (cordeiros-da-praia) (Praia do Palheiro a 21-05-2012).	128
Figura V-70: <i>Ammophila arenaria</i> (estorno) (Praia do Palheiro a 21-05-2012).	128
Figura V-71: <i>Ammophila arenaria</i> (estorno) (Praia de Quiaios a 20-05-2012).	129
Figura V-72: <i>Artemisia crithmifolia</i> (Erva-Lombrigueira; madorneira) (Praia de Quiaios a 20-05-2012).	129
Figura V-73: <i>Calystegia soldanella</i> (couve-marítima) (Praia de Quiaios a 20-05-2012).	130
Figura V-74: <i>Carpobrotus edulis</i> (chorão-das-praias) (Praia de Quiaios a 20-05-2012).	130
Figura V-75: <i>Eryngium maritimum</i> (cardo-marítimo) (Praia de Quiaios a 20-05-2012).	130

Figura V-76: <i>Euphorbia paralias</i> (Morganheira-das-praias) (Praia de Quiaios a 20-05-2012).....	131
Figura A-1: Trajetória no plano dos perfis transversais e longitudinais no perfil Norte na praia de Mira.....	163
Figura A-2: Distribuição de cota das diferentes campanhas do perfil longitudinal no perfil Norte na praia de Mira.....	164

Índice de Tabelas

Tabela III-1: Pluviosidade mensal nos anos hidrológicos (outubro a maio) 2004/2005, 2011/2012 e valor médio 1971-2000 (Gabinete de planeamento e políticas [6])......	50
Tabela III-2: Dados de altura média e direção das ondas ([2];[3]).	62
Tabela IV-1: Calendário das campanhas, incluindo a altura de maré e vento, durante a realização das mesmas, com base nos dados dos portos de referência utilizados: Aveiro e Figueira da Foz (*m-média, **h-hora da maré baixa ou maré alta prevista) [1],[3].	67

Acrónimos

DGPS- Differential Global Positioning System

E-este

E-W – este-oeste

GEOTA - Grupo de Estudos de Ordenamento do Território e Ambiente

GPS - Global Positioning System

ICNB- Instituto da Conservação da Natureza e Biodiversidade

INAG- Instituto Nacional da Água

Km- Quilómetros

LIDAR- Light Detection And Ranging

m-metros

NAVSTAR- NAVigation System with Time And Ranging

NE-SW – nordeste-sudoeste

NMAM- Nível Médio das Águas do Mar

N-norte

NNW – nor-noroeste

NNW-SSE –nor-noroeste – sul-sudeste

NW- noroeste

NW-SE- noroeste-sudeste

RTK- Real Time Kinematic

SIG- Sistema de Informação Geográfica

s-segundos

S-sul

SW- sudoeste

WGS-84 – World Geodetic System, 1984

WNW – oes-noroeste

W-oeste

CAPÍTULO I - Introdução

I. Introdução

1.1- Estrutura do Capítulo

Neste capítulo são abordados os tópicos referentes à relevância do tema e do estudo, os objetivos principal e secundários, e uma abordagem geral e sintética da metodologia. É igualmente apresentada a estrutura da dissertação e os trabalhos anteriores realizados sobre a temática em estudo.

1.2 - Relevância do Tema

Segundo o projeto ANCORIM (p. 3): “ A nível global as costas compreendem vinte por cento da superfície da Terra, acolhendo contudo uma porção significativa da população humana total (aproximadamente cinquenta por cento da população humana vive a 200 km da costa). Cerca de dezasseis por cento da população europeia vive em comunidades costeiras. Esta proporção não para de aumentar e esta presença humana teve um impacte claro sobre o meio ambiente.”

Desde o século XX, com a explosão do turismo, da pesca, das atividades industriais, do desenvolvimento dos portos, do comércio e com a intensificação das áreas urbanas ocorrem impactes no litoral.

O litoral é definido como uma complexa faixa de transição entre a Terra e o Oceano, apresentando uma grande variedade geomorfológica e diferentes tipos de ocupação: dunas, campos agrícolas, praias, vegetação. O litoral português é composto por costas arenosas e rochosas ocupando, respetivamente, 591 km e 348 km de extensão (GEOTA,2005). Este litoral constitui uma zona com grande potencial natural e uma riqueza inestimável de recursos. Todavia, as intervenções antrópicas, no litoral, têm sido intensas e podem ser ainda mais intensas no futuro, originando em muitos casos a destruição das formações naturais de defesa costeira, destacando-se, entre elas o cordão dunar frontal e as dunas nas costas arenosas.

As costas arenosas portuguesas são especialmente vulneráveis devido à progressiva diminuição do transporte sedimentar em deriva litoral que origina défice sedimentar, diminuição

da largura das praias e erosão dunar. Contudo as praias continuam a ser locais atrativos para fins turísticos, de recreio, desenvolvimento residencial e de férias, o que faz com que haja uma “pressão” exercida sobre este ambiente.

1.3- Relevância do Estudo

Inicialmente nesta dissertação pretendia-se verificar a acção antrópica como influenciadora da dinâmica dunar, contudo, numa análise preliminar de dados de vento e pluviosidade recolhidos diariamente, teve-se como ponto de partida uma hipótese: *num ano atípico de pluviosidade e vento é possível isolar os fatores naturais dos fatores antrópicos, que causam erosão, para se estimar qual dos fatores influencia mais essa erosão e a resultante destruição dunar*. Para isso, num ano atípico de ventos e pluviosidade reduzidos, efetua-se este estudo comparando o efeito antrópico em duas praias de intenso turismo e numa com menos turismo. De referir que todas pertencem ao mesmo domínio geomorfológico e que por isso estão à partida sujeitas às mesmas condições dos agentes forçadores (agitação marítima e condições meteorológicas) o que permitirá isolar a ação antrópica. Como teste desta hipótese, estabeleceu-se um programa de monitorização da dinâmica morfológica da duna frontal durante nove meses (novembro de 2011 a julho de 2012), comparando os dados obtidos com a acreção/erosão presente nas praias em estudo. Foram estabelecidos oito perfis transversais com o uso do Sistema de Posicionamento Global em modo Diferencial (DGPS), monitorizando as zonas com e sem passadiços.

Com este trabalho pretende-se contribuir para um conhecimento e análise do impacto antrópico na erosão da duna frontal.

1.4 - Objetivos do Estudo

O cordão dunar ao longo da costa arenosa portuguesa constitui uma área com morfologias e ecossistemas únicos. O presente estudo foca-se em costas arenosas, em particular nos cordões dunares frontais. Neste cordão dunar, à medida que ocorre um recuo da linha de

costa¹ ocorre inerentemente o recuo na posição da base da duna por erosão da duna frontal, diminuindo assim a sua capacidade para proteção dos terrenos e consequentemente, dos bens socioeconómicos. Este processo tem sido potenciado pelo défice de transporte sedimentar associado à deriva litoral.

Entre os diversos fatores antrópicos que contribuem para a degradação das formas dunares, encontra-se o pisoteio (efeito da pressão mecânica sobre o solo por parte de veículos, pessoas ou mesmo animais). O pisoteio leva à destruição da vegetação facilitando a formação de corredores eólicos, degradando o solo num ciclo de retroação positiva, levando à adicional destruição da vegetação que reforça a formação de corredores eólicos. Com o passar do tempo a zona degradada encontra-se mais fragilizada sendo mais fácil ocorrerem fenómenos de erosão que levam à diminuição do volume sedimentar das dunas, diminuindo assim a capacidade de defesa natural aos galgamentos oceânicos. Outro fator de vulnerabilidade é a intensificação das edificações junto à linha de costa e, por vezes, por cima de cordões dunares. Igualmente relevante foi a exploração desregrada de areias no passado, a qual resultou em depressões que, em situações de temporal potenciavam galgamentos e consequente inundação das áreas interiores.

Com base nestes desafios é importante conhecer melhor o campo dunar e a sua dinâmica. O estudo científico das praias é preponderante para o desenvolvimento sustentável, sendo um ponto crucial, a nível social e económico.

O objetivo principal deste trabalho é quantificar o impacto das ações antrópicas na dinâmica da duna frontal em três praias no centro de Portugal – Mira, Quiaios e Palheirão; estes casos de estudo correspondem a duas praias turísticas, de fácil acesso, com processos de erosão em curso que afetam o cordão dunar (Mira e Quiaios), em comparação com uma praia menos turística, de mais difícil acesso (Palheirão). Para a concretização deste objetivo realizam-se perfis que permitem caracterizar a dinâmica sedimentar, especialmente através das alterações na duna frontal.

Como objetivos secundários, realiza-se a identificação da vegetação existente e a sua diversidade em cada uma das praias, assim como a identificação de alguma da morfologia das dunas frontais existentes na costa centro de Portugal.

¹ Entendida aqui como base da duna, a qual se pode considerar como representativa do limite máximo do esprai da onda em condições de maré viva ou de temporal.

1.5 - Metodologia

Para se dar resposta à hipótese formulada foram recolhidos, diariamente, dados de pluviosidade, de velocidade e rumo dos ventos obtidos na página oficial do Instituto Meteorológico ([1]), dados do rumo da onda obtidos da página oficial do *windguru* ([2]) e dados da altura da onda obtidos da página oficial do Instituto Hidrográfico ([3]) (os dados do rumo não foram retirados do Instituto Hidrográfico, pelos mesmos não se encontrarem disponíveis). Os restantes dados foram obtidos através da execução de um programa de trabalho de campo, com aquisição de dados morfológicos georreferenciados.

Como testes da hipótese, investiga-se: o processo de transferência dos sedimentos, na componente subaérea da praia (análise da média e desvio padrão). Como as praias são locais turísticos referidos como zonas de lazer e terapêuticas, e como a maioria apresenta boas acessibilidades, pretende-se estimar se a quantidade de pessoas que usam o espaço, se o usam devidamente ou não e se quando não o usam, se este facto poderá afetar a duna frontal.

Outro fator a ter em conta é as estruturas implementadas pelo homem, como é o caso dos passadiços. Pretende-se verificar se estes influenciam/auxiliam na erosão ou na acreção dos sedimentos na duna frontal.

Para testar a hipótese é necessário quantificar a cota dos sedimentos, ou seja, as diferentes cotas ao longo dos perfis previamente definidos, para se verificar se quando ocorre diminuição ou aumento da cota sedimentar, esta se deve a causas naturais ou antrópicas. Com os dados de pluviosidade, vento e agitação marítima recolhidos e analisados, pretende-se justificar as discrepâncias detetadas nos perfis.

Para se obterem os dados morfológicos da praia estabelecem-se oito perfis transversais em pontos cruciais para o estudo, com o uso do *DGPS*, monitorizando as zonas com e sem passadiços.

Para o processamento dos dados obtidos nas campanhas utiliza-se o programa TRIMBLE TOTAL CONTROL™ (Trimble Navigation,Ltd). Os resultados obtidos são analisados em MATLAB 7.1® (The Mathworks,Inc) e a sua representação final em Microsoft Office 2007 EXCEL®.

Numa primeira fase os dados são comparados perfil a perfil em campanhas consecutivas. As comparações são realizadas desta forma de modo a possibilitar a discussão e ter uma perceção da evolução do perfil, de acordo com o desenrolar dos fatores tidos como influentes, e por fim, comparar a evolução desde o início do inverno marítimo (primeira campanha) até ao verão marítimo (última campanha).

Numa segunda fase é analisada a diferença de cotas de duas em duas campanhas, para se averiguar quais as zonas de praia onde se registam as maiores alterações.

Numa terceira fase é realizada a análise da variação da cota média e máxima da crista da duna.

1.6 - Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está organizada em sete capítulos distintos.

O *Capítulo I – Introdução* – corresponde à apresentação do tema através da abordagem da zona costeira, especificamente do litoral português e do desenvolvimento do mesmo, assim como, as consequências desse desenvolvimento e o papel do Homem nesse espaço; do problema da erosão costeira, em especial das dunas frontais; da hipótese de se quantificar o impacto antrópico num ano atípico, assim como o método de monitorização utilizado (*DGPS*). Neste capítulo são especificados os objetivos do estudo e a metodologia, numa abordagem geral. Encontram-se esquematicamente representados os trabalhos anteriores sobre a temática inserida neste estudo, onde se realiza uma sinopse dos estudos realizados, assim como metodologias destacando-se a importância deste estudo no âmbito do que tem sido realizado ao longo dos anos.

O *Capítulo II - Enquadramento teórico* – apresenta os elementos principais da teoria que serve de base ao estudo abordado. Pretende-se explicar conceitos e definições ligados direta e indiretamente ao tema, tais como, os tipos morfológicos de dunas, morfologia e estrutura de sistemas dunares, as suas adaptações ecológicas, usos e impactos, assim como, os princípios básicos do levantamento de campo com *DGPS*.

O *capítulo III - Área de Estudo* - apresenta a área de estudo, na qual são postos em prática os princípios teóricos enunciados anteriormente. Neste capítulo são expostos fatores importantes de caracterização, como o enquadramento geográfico da área de estudo e a caracterização da área a nível da geologia, climatologia e usos.

O *capítulo IV – Material e Metodologia* – apresenta uma descrição do material utilizado e da metodologia adotada. Apresenta o método usado para aquisição e processamento dos dados, incluindo os programas informáticos utilizados.

O *capítulo V - Resultados* - apresenta os resultados obtidos onde é feita uma análise individual e comparativa dos perfis efetuados nos três casos de estudo (praia de Mira, praia do Palheiro e praia de Quiaios), assim como, a análise da vegetação existente nas três praias em estudo.

O capítulo VI - *Discussão de Resultados* - apresenta a análise geral dos resultados e a justificação de algumas discrepâncias.

O capítulo VII – *Considerações Finais* - apresenta as principais conclusões das diferentes análises realizadas durante este estudo.

1.7 - Trabalhos Anteriores

A costa Portuguesa tem sido alvo de diversos estudos geomorfológicos. Nesta dissertação estudamos a costa centro portuguesa. Esta costa distingue-se pelo domínio de uma grande extensão de zonas de cota baixa constituídas por praias arenosas, surgindo em alguns troços zonas mais elevadas representadas pelas arribas ativas. A costa centro possui uma orientação geral de NNW-SSE, sendo controlada por um conjunto de falhas que atravessam o Maciço Antigo com orientações diversas - NW-SE, NE-SW e E-W - e que poderão ter sido reativadas durante o Quaternário (Carvalho *et al.*, 2006; Granja, 1999). A área em estudo engloba as praias de Mira, Palheirão e Quiaios, que têm sido investigadas em diversos trabalhos: Rei, 1924 (trabalho sobre os pinhais e dunas de Mira, em que o objetivo foi realizar uma descrição geral da região e a fixação das dunas); Carvalho, 1964 (intitulado: “Areias da Gândara – uma formação eólica quaternária” em que o objetivo principal consistiu numa descrição morfológica e sedimentológica da Gândara); Barbosa *et al.*, 1988 (Notícia explicativa da Folha 19-A- Cantanhede, em que é efetuada uma referência geral à morfologia e tipologia dunar) e Ferreira, 1993 (trabalho intitulado: “Caracterização dos principais fatores condicionantes do balanço sedimentar e da evolução da linha de costa entre Aveiro e Cabo Mondego” onde é realizado um estudo da dinâmica sedimentar no litoral da área de estudo, efetuando também uma caracterização geral da região) que abordam assim, de forma geral, a morfologia e sedimentologia, assim como a tipologia dunar existente e a dinâmica sedimentar. Relativamente aos estudos na praia de Quiaios, estes são baseados em estudos fitossociológicos (Freitas *et al.*, 1989) e da dinâmica dunar (Almeida, 1990; 1991; 1995; 2001 e 2003; Noivo, 1996; Silva, 2001 e Oliveira, 2005).

1.8 - Enquadramento oceanográfico

Na costa Noroeste Portuguesa a altura de onda significativa e o respetivo período são, em geral, entre 2 m a 2,5 m e entre 9 s a 11 s, maioritariamente provenientes dos quadrantes WNW e

NNW, gerados por ventos do Atlântico Norte (Coelho, 2005). Estas alturas influenciam a costa centro, onde os casos de estudo se inserem, pois estas três praias situam-se entre a Figueira da Foz e Aveiro. Na costa de Aveiro domina uma ondulação de WNW e NW, sendo muito favorável à erosão (Coelho, 2005). A costa da Figueira da Foz também é afetada pelo domínio desta ondulação. Esta ondulação tem origem no Atlântico Norte, a latitudes mais elevadas, com uma altura superior a 1m durante 95% do ano e a 4m em 5% (Coelho, 2005). No outono e inverno ocorrem alturas significativas de ondulação, máximas de 8 m a 11 m (Carvalho *et al.*, 1966). No inverno e nos períodos de transição, este tipo de ondulação pode ocorrer devido à influência de ventos locais e à circulação do ar de NW pós-frontal ou de depressões. Durante o Verão, a ondulação ocorre com alturas máximas de 1 m a 2 m e períodos inferiores ou iguais a 6 s, devido ao posicionamento do Anticiclone dos Açores associado a uma depressão térmica no interior da Península Ibérica e ao regime de *Nortada* característico (Coelho, 2005). Na costa oeste de Portugal Continental, 75% dos temporais têm uma duração inferior a dois dias, independentemente do setor costeiro em análise (Coelho, 2005). Os temporais com duração superior a dois dias estão associados a direções de NW, sendo que os temporais com duração superior a cinco dias só se verificam com tempestades provenientes do setor de direção de NW (Coelho, 2005). A ocorrência de temporais nesta costa pode ocasionar o aparecimento de marés meteorológicas, nas quais a sobre-elevação das águas do mar é o resultado da diminuição da pressão atmosférica junto à superfície do oceano ou à ação de ventos fortes e persistentes. Um caso de estudo realizado por Gama *et al.*, 1997, aborda a sobre-elevação do nível do mar de origem meteorológica ("*Storm Surge*") em Portugal Continental, onde foi realizada uma análise dos dados, permitindo identificar a sobre-elevação significativa, muito significativa e altamente significativa. Além disso, foi especificado que a sua ocorrência faz com que seja um fator potenciador quando em conjugação com a agitação marítima, da erosão costeira (ex: recuo da linha de costa, galgamentos oceânicos; inundações e destruição de infraestruturas). De salientar que nesta publicação refere-se que foi confirmado que, na costa portuguesa, o fenómeno da sobre-elevação é bastante significativo, devendo ser considerado como um parâmetro essencial na análise da dinâmica sedimentar costeira e da plataforma, com implicações diretas na conservação das edificações humanas erguidas junto à linha de costa. Os efeitos da ondulação podem ser ainda potenciados pelo tipo de maré astronómica presente durante a sua ocorrência.

De referir que a costa ocidental portuguesa enquadra-se no domínio Meso-Mareal, ocorrendo duas marés com uma periodicidade de 12h25 min, sendo o valor máximo teórico de

preia-mar de marés vivas de cerca de 4m, com propagação no sentido Sul-Norte (Barbosa *et al.*, 2003).

1.9 - Enquadramento meteorológico

As condições meteorológicas predominantes em Portugal Continental são resultantes da migração periódica anual da frente polar para Norte no verão e para Sul no inverno. A vinda para Sul da frente polar é responsável pela geração dos ventos de SW e W durante o inverno (Noivo, 1996) contudo surgem também ventos com outras direções. Durante o verão domina o tempo ameno a quente com ventos e pluviosidade reduzidos e por vezes nulos e no inverno domina o tempo nublado e bastante chuvoso. Os ventos predominantes da orla costeira ocidental geralmente são de N e de NW (Noivo, 1996). Durante os períodos de *Nortada*, o transporte sedimentar é mais intenso, as partículas arenosas encontram-se em suspensão pelo efeito do vento e invadem toda a zona envolvente à praia, como é o caso dos passadiços e das estradas.

1.10 - Ação Antrópica

Os fatores antrópicos que mais influenciam a erosão da duna frontal são: o turismo balnear, o avanço da urbanização e a construção de áreas industriais que têm como consequência a criação de corredores eólicos, a alteração dos planos de escorrência e a exploração intensa de sedimentos deixando áreas depressionárias de fácil inundação (Almeida, 1995). Deste modo, a ação das ondas e das marés terá consequências ainda mais graves e por vezes irreversíveis, sobretudo quando diminui a capacidade de auto recuperação dos perfis de praia e das dunas, tornando difícil a auto recuperação após as tempestades. Devido à destruição destas formas, a vulnerabilidade a galgamentos oceânicos é muito maior. O crescimento das frentes urbanas próximo ao litoral e de determinadas atividades socioeconómicas tem obrigado a intervenções de engenharia costeira. As principais estruturas encontradas ao longo da costa centro de Portugal Continental são as estruturas transversais (esporões), e as estruturas longitudinais (enrocamentos). Os quebra-mares estão normalmente associados a pequenos portos de abrigo para atividades de pesca artesanal.

Contudo, este tipo de intervenção provoca um desequilíbrio na circulação natural dos sedimentos ao longo do litoral, tendo como principal consequência a acumulação sedimentar a barlamar dessas estruturas e o agravamento da erosão a sotamar.

1.11 - Técnicas e Metodologias

No âmbito da problemática da erosão costeira, têm sido desenvolvidas várias estratégias de monitorização que visam uma maior eficiência e precisão no levantamento de campo das morfologias costeiras.

Como técnica considera-se o desenvolvimento tecnológico que foi efetuado numa determinada área do conhecimento com vista à elaboração de instrumentos com determinado objetivo (recetor de *GPS*; estação total; teodolito; camara fotográfica).

Como metodologias considera-se a aplicação de uma determinada técnica a um determinado fim ou objetivo (ex: aplicações do *GPS* ao litoral para obter modelos digitais do terreno; aplicações de fotografia aérea ao litoral para estudar a evolução da linha de costa).

Em Portugal alguns estudos são efetuados no litoral com auxílio de fotografias aéreas como é o caso de Ângelo,1991; Ferreira,1993 e Diogo,2004. Outra ferramenta é o Aerial Videotape (Coelho,2005), utilizada num estudo sobre os “*Riscos de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira*”. Além destas metodologias, em Granja *et al.*, 2011 ([7]) utilizam-se outras que incluem sensores para levantamentos batimétricos, câmaras de vídeo para apoio a levantamentos topográficos aplicando estas metodologias ao litoral de Vila Nova de Gaia. Outros estudos, como o de Baptista *et al.*, 2011, pretendem criar metodologias inovadoras para o estudo do litoral. Um estudo efetuado com recurso a fotografias aéreas verticais e a *DGPS* em modo *RTK* (Real Time Kinematic) é o de Menezes, 2011, que consiste em apresentar o comportamento evolutivo da linha de costa entre os anos 1958 e 2011, entre o cabo Mondego e Aveiro.

Nesta dissertação utiliza-se o *DGPS* para o estudo da dinâmica dunar. Esta metodologia tem sido utilizada no estudo da linha de costa (Baptista, 2006), na quantificação das variações morfológicas e volumétricas (Baptista *et al.*, 2008; Jesus, 2003), do efeito das obras de defesa costeira nas praias (Baptista *et al.*, 2004a) ou nos estudos de vulnerabilidade das zonas costeiras (Baptista *et al.*, 2004b).

1.12 - Enquadramento do Estudo

Esta dissertação surge pela importância que os sistemas dunares litorais representam na proteção das zonas interiores. Estes sistemas têm vindo a ser alvo de vários estudos e a sua investigação torna-se relevante pois atualmente encontram-se degradados ou mesmo destruídos em muitos setores do litoral português.

Este estudo pretende analisar o real impacte antrópico na duna frontal. Vários estudos têm sido feitos nesta temática. Esta dissertação pretende demonstrar de uma forma mais assertiva através do *DGPS* móvel (sem recurso a veículo), por este permitir uma maior eficiência no trabalho de campo e pela possibilidade de georreferenciar todos os dados ao mesmo sistema de coordenadas e por consequência à mesma origem, o que permite, por exemplo, comparar os resultados obtidos em vários locais. Estas medições, perante a hipótese colocada, são de grande valor, pois num ano atípico, onde ocorre pouca pluviosidade e a intensidade de vento é fraca, as modificações podem ser tão pequenas que só com elementos georreferenciados, é possível comprovar as modificações que ocorrem e comparar os resultados nas três praias. Assim, o estudo da dinâmica da duna frontal pode fornecer informações válidas acerca do estado da mesma e proporcionar possíveis soluções para evitar determinados comportamentos humanos.

Este trabalho engloba duas zonas muito estudadas (Mira e Quiaios) com uma zona menos estudada (Palheirão), para se realizar um paralelismo da dinâmica dunar nas três praias em estudo. Proporciona uma outra visão da metodologia que poderá ser utilizada em futuros estudos relacionados com a dinâmica dunar.

A hipótese de estudo surge da possibilidade de justificar o real impacte antrópico na erosão dunar. Embora se afirme que as praias e as dunas se encontram fortemente erodidas, é difícil precisar se essa erosão provém de acontecimentos naturais, de acontecimentos antrópicos, ou se de ambos. Com as características atípicas de pluviosidade e vento deste período (novembro 2011 a julho 2012), pretende-se descrever se as alterações registadas nos perfis, as quais são numa fase posterior, analisadas à luz dos processos que as originam são naturais ou antrópicos.

O que se pretende também inovar, dentro da temática e dos estudos descritos é a comparação de praias com características diferentes: acessos diversificados e com uma frequência humana distinta. Cada praia possui características diferentes atraindo diferentes tipos de turistas e desportistas.

CAPÍTULO II – Enquadramento Teórico

II. Enquadramento Teórico

2.1 - Estrutura do Capítulo

Neste capítulo são abordados os conceitos teóricos referentes à morfologia do litoral arenoso, sendo enunciados aspetos de nomenclatura e terminologia das morfologias presentes. A vegetação característica da costa Portuguesa, é discutida, incluindo as suas adaptações ecológicas e de sobrevivência. Por fim, são descritos os princípios básicos do levantamento geomorfológico por GPS.

2.2 - Aspetos gerais da geomorfologia

Segundo Shepard (1963) *in* Baptista (2006) a “*praia define-se como a zona litoral coberta por sedimentos, em que estes variam entre areia e cascalho.*” De realçar que, ao longo desta dissertação, o termo “praia” utiliza-se implicitamente para referir “praia arenosa”; referência a “praias rochosas” ou “arribas” são referidas explicitamente.

Segundo Bernardes (2009), as praias arenosas podem ser divididas em três grandes zonas: a antepraia, a praia propriamente (corpo de praia) e a prépraia (fig. II-1). A prépraia é a zona localizada na área de rebentação das ondas e que se situa para além do limite da maré baixa, ou seja, encontra-se sempre submersa. A praia propriamente dita situa-se entre o limite médio da maré baixa e a crista da berma, até onde a onda se espraia. Por fim, a antepraia localiza-se entre a crista da berma e a base da duna ou arriba.

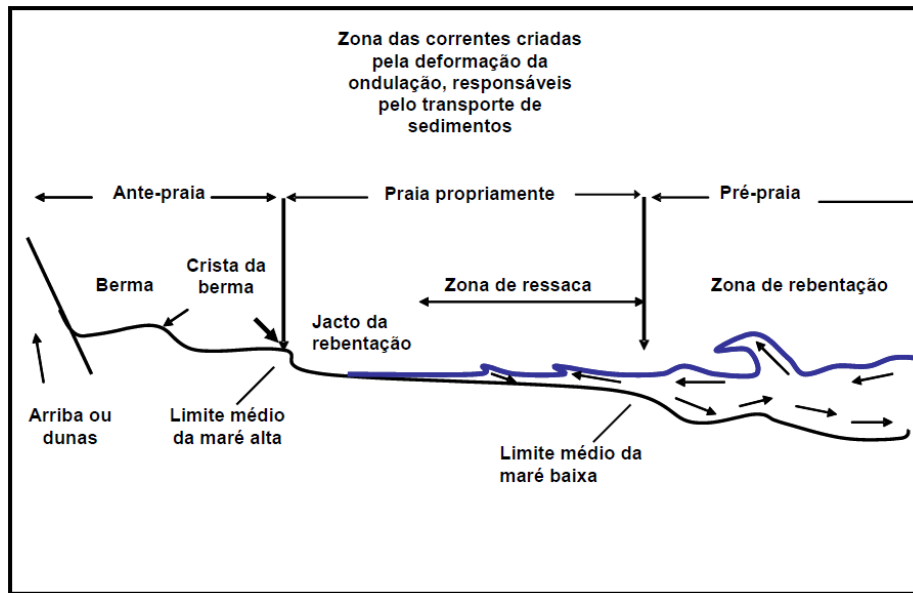


Figura II-1: Esquema representativo das três zonas de praia (C. Bernardes (2009)).

Segundo Komar (1998), são descritos os estados morfodinâmicos da praia. O perfil de uma praia pode ser dissipativo ou refletivo consoante o clima de agitação marítima. No perfil dissipativo, típico do inverno marítimo, as condições de agitação marítima são bastante energéticas, provocando alterações profundas na morfologia da praia, devido à erosão dos sedimentos da praia emersa e posterior transporte para a praia submersa, formando barras arenosas. Nestas condições, o perfil apresenta uma forma côncava, desprovido de bermas e em que o espraio das ondas, no caso de a praia ser muito estreita, pode atingir a base das dunas e/ou arribas. No perfil refletivo, ou também denominado perfil de verão, as condições de agitação marítimas são pouco energéticas caracterizando-se por períodos longos de calmaria, nos quais ocorre o transporte de sedimentos da praia submersa, a partir das barras, para a praia emersa, originando bermas.

As praias podem ser classificadas em três tipos (em função da agitação marítima e granulometria do sedimento): praias dissipativas, praias intermédias e praias refletivas.

Uma praia é definida como dissipativa quando a onda dissipa energia na interação com o fundo e chega à praia emersa já com pouca energia. Em termos morfológicos, estas praias caracterizam-se por apresentarem uma zona de espalho bastante larga, de declive suave, ao longo da qual ocorre a rebentação progressiva das ondas.

As praias refletivas ocorrem quando a onda dissipa pouca energia em interação com o fundo. Como a praia emersa é muito inclinada o espraio da onda sofre um refluxo com energia semelhante à que incidiu. Em termos morfológicos, as praias refletivas caracterizam-se por

apresentar uma zona de espalho relativamente estreita. No perfil da praia emersa destaca-se a presença de cúspides e de uma face de praia de declive acentuado.

As praias intermédias representam um estado intermédio entre o dissipativo e refletivo. A sua principal característica morfológica é a presença de uma zona de espalho, na qual estão presentes barras e canais.

O maior impacto da energia da onda ocorre normalmente nas barras submersas. Contudo, a duna pode ser atacada pela onda quando o sistema apresenta deficiência sedimentar, ou quando ocorrem temporais com elevados períodos de retorno.

A duna frontal, também designada por alguns autores como duna litoral ou duna primária, resulta da acumulação de sedimentos transportados pelo vento. Quando os sedimentos se encontram na praia emersa secam, podem ser transportados pelo vento para a restante praia e para a duna frontal. Dentro desta dinâmica ocorrem, por conseguinte, diversas morfologias, associadas aos fatores que influenciam a zona costeira, principalmente os que influenciam direta ou indiretamente o sistema dunar.

2.2.1- Tipos Morfológicos de Dunas

A importância das dunas é cada vez mais relevante. As dunas são a ligação do mar à terra, e servem de proteção às populações e animais aquando dos acontecimentos naturais, como as tempestades e os fenómenos de galgamentos que provocam a salinização dos solos e a contaminação dos lençóis freáticos. As dunas têm sido cada vez mais degradadas e as suas funções de proteção postas em causa. A degradação antrópica das dunas facilita a sua erosão pelos agentes naturais.

As diferentes definições de termos relacionados com a tipologia morfológica de dunas varia de autor para autor. Ao longo da dissertação são adotadas as definições mais utilizadas dentro da temática em estudo.

Sousa (2010) refere três grandes classificações de dunas, com base nos trabalhos de Hunter *et al.* (1983), Pye *et al.* (2009) e McKee (1979;2004). Hunter *et al.* (1983) usam uma classificação morfológica dunar baseada na orientação da crista em relação ao vetor resultante da direção do transporte dos sedimentos, existindo assim, dunas longitudinais, oblíquas e transversais. Pye *et al.* (2009) baseiam a sua classificação na presença ou não de obstáculos e na natureza do terreno. Por outro lado, McKee (1979;2004) baseia-se tanto no aspeto morfológico

como no dinâmico. Neste trabalho, uma vez que se reporta um caso de estudo enquadrado numa zona de elevada dinâmica da agitação marítima optou-se pela classificação de McKee (1979; 2004) por esta se enquadrar de forma concreta e concisa na área de estudo. Como McKee (1979; 2004) na sua classificação tem em conta tanto o aspeto morfológico como o dinâmico, e como as praias em estudo são consideradas praias influenciadas por uma grande dinâmica, tanto natural como antrópica, esta abordagem parece ser a que mais se adequa ao estudo e local de estudo. McKee (1979; 2004) define dois tipos de dunas: as ativas e as inativas. Segundo este conceito os sistemas ativos são aqueles que se encontram inter-relacionados com a dinâmica dos sedimentos e a ação do vento, sendo constituídos por: dunas barcanas, domos, *foredunes*- duna frontal, parabólicas, transversais, lineares e *blowouts*. Os cordões litorais inativos são constituídos pelas acumulações de sedimentos que perderam a sua mobilidade por se encontrarem à retaguarda das dunas móveis, sendo por isso designadas de depósitos eólicos fixos. As dunas são formadas pela intervenção de um conjunto de fatores (a humidade do solo, a vegetação, a disponibilidade de sedimentos, as correntes costeiras e a sua história geológica). Segundo Flor (1990; 1998) e Pye *et al.* (2009) existe outro fator de elevada importância que altera a estabilidade dos sistemas dunares e de forte precisão e relevância neste trabalho: a forte pressão antrópica exercida sobre o litoral.

Antes de descrever os diferentes tipos morfológicos de duna, caracterizados por McKee (1979; 2004) é necessário definir como ocorre a formação de uma duna. As dunas formam-se com a presença de quatro constituintes indispensáveis: sedimentos secos, vento, uma zona de deposição e um obstáculo (como uma pedra ou uma planta). O obstáculo leva à possibilidade de ser criado um montículo de partículas sedimentares, pois o vento sopra contra o obstáculo transportando as partículas sedimentares na sua direção. No decorrer deste processo o montículo, se por exemplo contiver vegetação, irá aumentar de diâmetro. Logo, se continuar a soprar o vento na mesma direção e com sedimentos suficientes, criar-se-á uma duna. Consequentemente a duna cresce e ocorre deslocação da mesma para o interior (sotavento). Em Portugal, as dunas são características das zonas litorais. Contudo, em outras regiões do planeta, estas geoformas surgem nos desertos.

Segundo a classificação de McKee, consideram-se os seguintes tipos de dunas:

- **Dunas Barcanas**

As dunas barcanas (fig. II-2) são dunas isoladas com o flanco a barlavento convexo, alongado e de declive suave e com o flanco a sotavento côncavo e de declive abrupto. Possuem formato de lua crescente, formadas em regiões secas com baixa disponibilidade

de sedimentos. A vegetação é ausente e as "caudas" alongam-se a favor do vento. São geralmente pequenas e de rápida propagação (Sousa,2010).

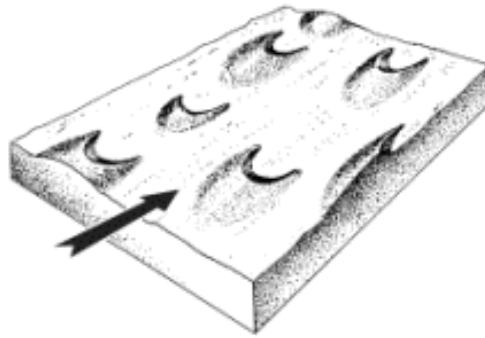


Figura II-2: Representação esquemática de dunas barcanas (Fryberger, 2001 [5]).

- **Dunas Parabólicas**

As dunas parabólicas (fig. II-3) são idênticas às dunas barcanas. São constituídas por acumulação de sedimentos com formato de “U” ou de “V” em planta, só que a concavidade está virada para o sentido oposto ao do vento. Maioritariamente, encontram-se em zonas onde os ventos são muito fortes, e originam-se a partir de blowouts. As dunas parabólicas podem resultar da evolução de dunas transversais (Sousa,2010).

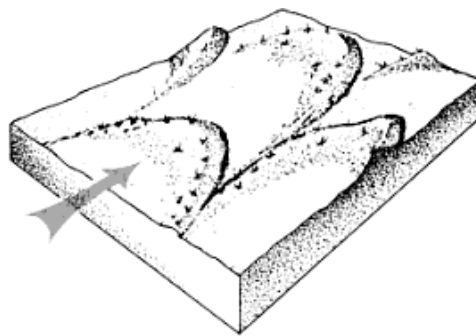


Figura II-3: Representação esquemática de dunas parabólicas (Fryberger, 2001 [5]).

- **Blowouts**

Os *blowouts* (fig. II-4) possuem uma forma arredondada, constituindo uma bacia de deflação formada sobre um depósito de sedimento pré-existente. Como já foi referido, os *blowouts* podem estar na origem da formação de dunas parabólicas e constituem os designados “corredores de erosão”, que por fragilizar o cordão dunar frontal potenciam

os galgamentos oceânicos. Existem vários acontecimentos físicos que originam *blowouts*: alterações climáticas, ventos fortes, destruição da vegetação e o pisoteio (Hesp, 2002a).

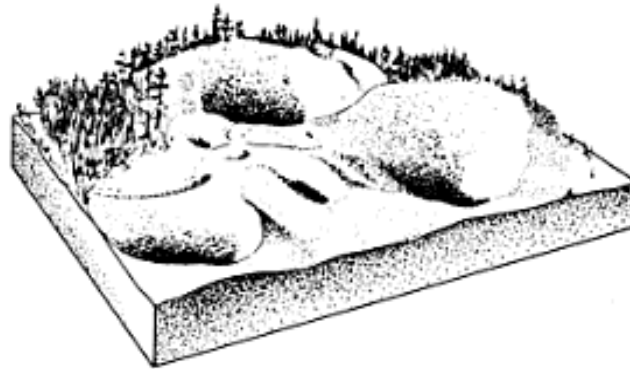


Figura II-4: Representação esquemática de blowouts (Fryberger, 2001 [5]).

- **Dunas em Domos**

As dunas em domos (fig. II-5) são muito comuns na zona alta da praia, ou seja, na zona das dunas embrionárias. As dunas em domos têm forma oval ou circular e não apresentam face de deslizamento. A maioria destas dunas é baixa, não ultrapassando mais de 1m. Caracterizam-se por acumulações de sedimentos, que migram sobre as superfícies das dunas de maiores dimensões (Sousa, 2010).

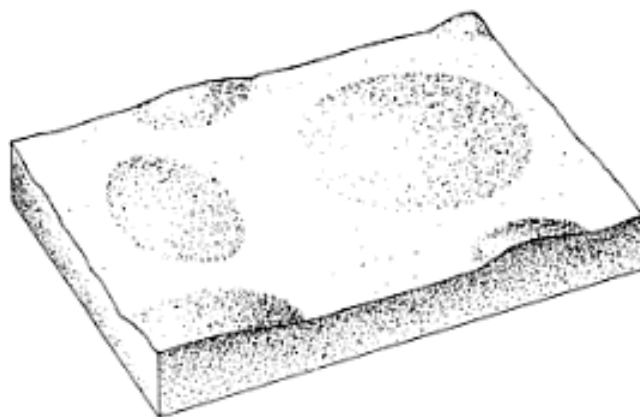


Figura II-5: Representação esquemática de dunas em domos (Fryberger, 2001 [5]).

- **Dunas Transversais**

As dunas transversais (fig. II-6) são dunas assimétricas, alongadas, cuja crista se desenvolve transversalmente à direção do vento. Estas dunas podem transformar-se em barcanas e são frequentes em locais onde haja muitos sedimentos, pouca vegetação e onde a direção do vento tende a ser constante (Sousa,2010).

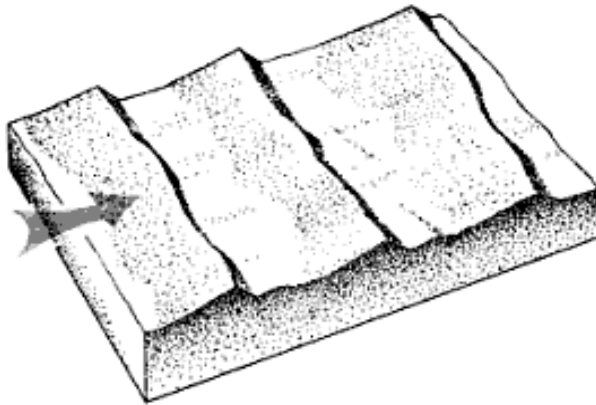


Figura II-6: Representação esquemática de dunas transversais (Fryberger, 2001 [5]).

- **Dunas Lineares (ou Longitudinais)**

As dunas Lineares (fig. II-7) são dunas simétricas, paralelas à resultante das direções do vento. Podem ser classificadas em dois tipos: dunas com vegetação e sem vegetação (Sousa, 2010).

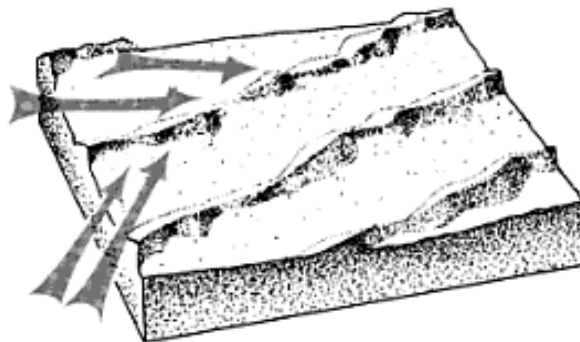


Figura II-7: Representação esquemática de dunas longitudinais (Fryberger, 2001 [5]).

- **Dunas Frontais**

O conceito apresentado como dunas frontais não é morfológico, como os anteriores, e não são denominadas por uma grande variedade de termos: cristas de retenção, cristas de praia, cordões de dunas paralelas e dunas transversais (Hesp, 2002b), mas reúnem uma grande variedade de formas. As formações embrionárias de praia alta começam por um pequeno montículo à custa de vegetação ou outro obstáculo (estas também são denominadas de *nebkas*). Em geral coalescem com a duna frontal, acrescentando-lhes sedimentos.

2.2.2 - Morfologia e subdivisão dos sistemas dunares/vegetação

2.2.2.1- Morfologia dos sistemas dunares

Os sistemas dunares são geralmente muito dinâmicos, com a sua dinâmica diretamente influenciada pelo vento, agitação marítima e atividades antrópicas. Em geral, o vento pode causar uma dinâmica intensa nas dunas (do ponto de vista da mobilidade das dunas), mas na diminuição deste fator a duna pode permanecer muito estável.

A velocidade e a direção do vento são fatores cruciais no transporte sedimentar que originam a dinâmica destes sistemas complexos que tendem a atingir um estado de equilíbrio através da interação entre o material granular e a vegetação.

A vegetação facilita a acumulação dos sedimentos, servindo como obstáculo à sua movimentação. Na ocorrência das tempestades marinhas em invernos intensos (com tempestades), os sedimentos situadas na antepraia movem-se de forma progressiva desta zona para outras na praia. Os sedimentos da duna frontal movem-se por deslizamento para a antepraia e no movimento em sentido oposto quando o tempo ameno regressa. Assim, o vento auxilia todo este processo de retorno para a duna, voltando o sistema dunar a atingir o seu equilíbrio. Caso não exista vegetação suficiente para acumular material granular o sistema nunca poderá realizar esta movimentação.

O desenvolvimento do sistema dunar depende do balanço sedimentar, podendo-se classificar este sistema como transgressivo, regressivo ou estando em equilíbrio.

O sistema dunar é transgressivo quando o balanço sedimentar é positivo. Neste verifica-se uma abundância de sedimentos na praia propriamente dita, que com os efeitos de vento

mobilizam-se para a zona dunar, formando assim, cordões paralelos de duna e ocorrendo um avanço do sistema dunar para o lado do mar (Komar,1998)

O sistema é regressivo quando o balanço sedimentar é negativo. Neste ocorre erosão contínua na duna primária, em alturas de tempestade e de maré viva, e não ocorre recuperação dos sedimentos quando o tempo fica ameno (Komar,1998).

O balanço sedimentar encontra-se em equilíbrio quando ocorre um equilíbrio entre os sedimentos que se movimentam, desde a duna primária e a antepraia, durante todos os tipos de acontecimentos climatéricos e físicos (Komar,1998).

2.2.2.2 - Subdivisões dos ecossistemas e vegetação

Nesta secção vão ser descritas as subdivisões dos ecossistemas dunares, com base na figura II-8.

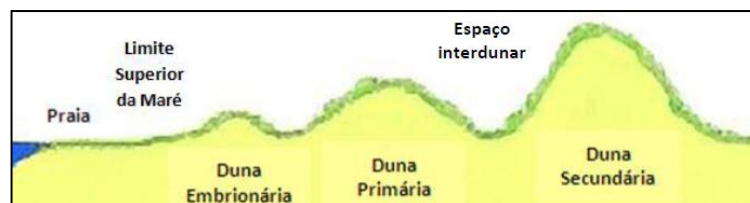


Figura II-8: Estrutura dos sistemas dunares (Ley et al., 2007 in Sousa, 2010 (adaptado)).

Surge em primeiro lugar (junto ao mar) a zona limite superior de maré. Esta é caracterizada por ser colonizada por plantas como a *Cakile marítima* (carqueja mansa) e a *Salsola kali* (soda-espinhosa) que realizam o papel de obstáculo à passagem de sedimentos transportados pelo vento, retendo-os (Hesp,2002a; 2002b). Contudo, estas plantas apenas acumulam os sedimentos durante o seu período de crescimento ativo; quando desaparecem, os sedimentos sofrem novamente o transporte pelo vento (Sousa,2010).

A duna embrionária situa-se mais para o lado dos terrenos e é constituída por espécies como o *Elymus farctus* (feno das areias) (fig. II-11, p. 25). Os caules destas plantas intercetam as partículas granulares, originando assim, montículos que vão crescendo ao mesmo ritmo do crescimento das plantas, fornecendo o crescimento do depósito sedimentar eólico (Sousa,2010). A duna embrionária é composta pela união dos montículos, sendo que estes se unem devido à elevada densidade vegetal. Todavia, se o mesmo não sucedesse, formar-se-iam nebkas (dunas embrionárias formadas pela acumulação de sedimentos nas zonas de intensa vegetação na

antepraia) (Hesp, 2002a). A duna embrionária é a geoforma natural visível entre a praia e o cordão dunar frontal. Esta forma só surge em praias com sistemas transgressivos. Do ponto de vista de defesa costeira, esta zona é a primeira defesa, mas também é a zona mais frágil por se encontrar sob a influência direta das ondas nas marés altas. Este facto leva a que, neste local, seja difícil a colonização pelas plantas devido aos fatores físicos descritos e também à forte atividade antrópica acentuada nos meses de verão.

A duna primária encontra-se num estado mais evoluído que as anteriores geoformas e possui uma flora mais rica devido à menor adversidade do meio. De todas as plantas que habitam esta zona, a *Ammophila arenaria* (estorno, fig. II-10, p. 25) é a dominante, exercendo funções de fixação e estabilização dos sedimentos constituintes da duna (Sousa,2010).

No espaço interdunar ocorre o que se designa por depressão interdunar, quando a toalha freática pode atingir a superfície (Noivo *et al.*, 1998) (fig. II-9). Devido à sua localização, a vegetação prolifera de forma gradual. O vento que provém do oceano provoca fenómenos de deflação que mobilizam sedimentos nos flancos entre as dunas primária e secundária. A figura II-9 esquematiza este fenómeno.

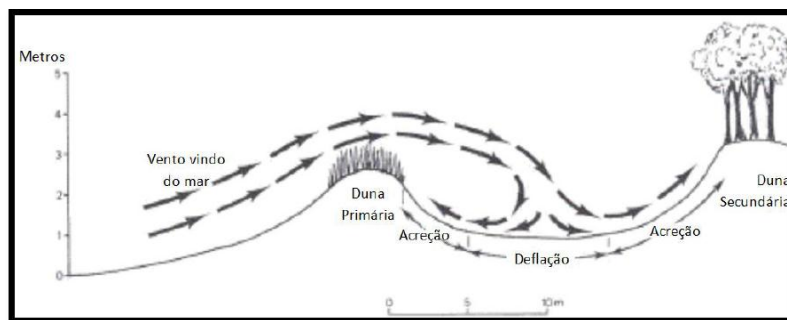


Figura II-9: Formação de depressões interdunares (Bird,2001 in Sousa,2010).

A duna secundária encontra-se mais afastada da agitação marítima intensa, e protegida pelas geoformas anteriores. Este facto leva a que este local seja um espaço com espécies vegetais muito diferenciadas. Uma outra característica desta duna é a estabilidade das suas partículas granulares (Sousa,2010).

2.2.3- Tipos de vegetação e as suas adaptações ecológicas

Dentro do contexto Europeu, as dunas litorais portuguesas possuem uma elevada riqueza florística. A vegetação dunar portuguesa é importante por ser muito antiga (glaciações do Quaternário) prevalecendo várias espécies dessa época, e que se extinguíram no resto da Europa (Almeida, 2005).

“A presença de vegetação reduz o transporte sedimentar, na medida em que (1) introduz uma maior rugosidade à superfície, o que diminui a velocidade do vent, (2) a sua estrutura aérea interceta os grãos de areia, enquanto atua como uma superfície que absorve uma grande quantidade de energia, favorecendo a sedimentação, (3) os grãos de areia começam a acumular-se, formando pequenos montículos que aumentam de tamanho à medida que a planta cresce e (4) quando a densidade vegetal é elevada estes montículos agregam-se, originando uma duna” (Ley *et al.*, 2007 in Sousa, 2010, p. 17).

Os padrões morfológicos das dunas costeiras são dependentes das características morfológicas e fisiológicas da vegetação, através da eficácia na acumulação de sedimentos.

O processo de colonização da duna pela vegetação é dinâmico. É um processo ativo e contínuo, no qual as plantas sofrem adaptações relativamente às características físicas do local onde se inserem, pois em praias mais sujeitas a temporais, as espécies sofrem uma evolução nas suas adaptações ao meio envolvente, para resistirem e sobreviverem ao mesmo. A vegetação costeira tem ainda de enfrentar a ação, direta ou indireta, do homem.

O tipo de vegetação dunar possui diversas características específicas, pois encontra-se sujeito/exposto a um substrato instável, a ventos e rajadas fortes que transportam partículas de sal, a elevada luminosidade e a uma grande discrepância térmica (verão muito quente e inverno muito frio). Uma outra característica é o elevado poder de dessecação que provoca a transpiração nas plantas, o que conjugado com a grande permeabilidade do solo, condena as plantas a um ambiente adverso de xerofitismo, ou seja, um ambiente de extrema secura. Consequentemente, as plantas adotaram estratégias de natureza morfológica, anatômica, fenológica e fisiológica para sobreviverem à austeridade do meio (Namboothri *et al.*, 2008).

Segundo vários autores, tais como, Costa (2001) e Namboothri *et al.* (2008) existem diversas adaptações a fatores ambientais:

- **Salinidade** - as espécies adaptam-se através da resistência e suculência (armazenamento de água nos tecidos)(*Cakile marítima* (eruca-marítima)) e pela preferência por sal (*Salsola kali* (soda-espinhosa)).
- **Soterramento na areia** - a *Ammophila arenaria* (estorno - fig. II-10) e *Elymus farctus* (feno-das-areias - fig. II-11) adaptam-se através da estimulação do crescimento, aptidão e capacidade para formar entre-nós ou rizomas horizontais e verticais conforme as deposições sobre a planta e da mobilidade dos sedimentos.



Figura II-10: *Ammophila arenaria* (estorno) na praia de Quiaios a 20 de Maio de 2012.



Figura II-11: *Elymus farctus* (feno-das-areias) na praia do Palheiro a 21 de Maio de 2012.

- **Inundação pela água do mar** - as espécies *Cakile marítima* (eruca-marítima), *Salsola kali* (soda-espinhosa) e *Elymus farctus* (feno-das-areias) possuem resistência à inundação.
- **Secura** - existem algumas adaptações possíveis, dependendo das espécies. As espécies *Juniperus turbinata* (zimbro-das-areias) adaptam-se por terem folhas com forte cutícula; *Otanthus maritimus* (cordeirinhos-da-praia) (fig. II-12) – folhas revestidas com indumento (revestimento denso de pêlos de cor clara que reflete o excesso de luz; *Silene litórea* (alfinetes-das-areias) – sistemas radiculares superficiais (de forma a recolher de imediato a água que chega ao solo e a condensação do vapor de água durante as épocas de maior secura; *Salsola kali* (soda-espinhosa) - pela redução foliar e *Carpobrotus edulis* (chorão-das-praias) – caules e folhas suculentos com reservas de água.



Figura II-12: *Otanthus maritimus* (cordeiros-da-praia) na praia do Palheirão a 21 de Maio de 2012.

- **Elevadas temperaturas** - a *Ammophila arenaria* (estorno) e *Elymus farctus* (feno-das-areias) combatem as elevadas temperaturas e elevadas intensidades luminosas através da adaptação das folhas cilíndricas e a *Otanthus maritimus* (cordeiros-da-praia) e o *Medicago marina* (luzerna-da-praia) através da adaptação da planta com cores claras.
- **Pobreza em nutrientes** - existem duas grandes adaptações:
 - ✓ Fixação de azoto – leguminosas;
 - ✓ Presença de micorrizas nas raízes (que ajudam na sobrevivência das plântulas e posteriormente colonizam as dunas) – *Ammophila arenaria* (estorno).
- **Erosão marinha** - a qual afeta a maioria da vegetação de todo o sistema dunar. A *Cakile marítima* (eruca-marítima) e *Salsola kali* (soda-espinhosa) adaptam-se pelo ciclo de vida anual, possuindo, assim, um ciclo de vida curto evitando o período do ano de maior instabilidade. A *Pancratium maritimum* (narciso-das-areias) efetua a sua adaptação pela dispersão das sementes através da água.
- **Exposição ao vento** - pode ser feita por quatro grandes adaptações:
 - ✓ Plantas com folhas coriáceas (como proteção contra o impacto mecânico das partículas arenosas movimentadas pela ação do vento) – *Eryngium maritimum* (cardo-marítimo) (fig. II-13);
 - ✓ Planta com uma forma prostrada – *Calystegia soldanella* (couve-marinha) (fig. II-14);

- ✓ Plantas com forma arredondada – *Ononis natrix* (joina-das-areias); *Artemisia crithmifolia* (erva-lombrigueira) (fig. II-15);
- ✓ Formação de colmos flexíveis ou hábito amoitado ou almofadado – Gramíneas.



Figura II-13: *Eryngium maritimum* (cardo-marítimo) na praia de Quiaios a 20 de Maio de 2012.



Figura II-14: *Calystegia soldanella* (couve-marítima) na praia do Palheiro a 21 de Maio de 2012.



Figura II-15: *Artemisia crithmifolia* (erva-lombrigueira; madorneira) na praia de Quiaios a 20 de Maio de 2012.

A principal causa para as adaptações pelas diversas espécies provém da proximidade ao mar. Este é um fator fortemente seletivo na instalação e crescimento da vegetação dunar (ICNB,2006). Os sistemas dunares possuem uma flora bem distinta dos campos adjacentes, muitas vezes terrenos agrícolas, pois toda a vegetação dunar é essencialmente constituída por espécies psamófitas - espécies vegetais adaptadas a viver em ambientes normalmente secos e arenosos; xerófitas - espécies vegetais adaptadas a viver em ambientes secos e regiões que sofrem longos tempos de seca; halófitas - espécies vegetais que habitam normalmente terrenos salgados e oligotróficas - espécies vegetais adaptadas a viver em ambientes que disponibilizam um nível muito baixo de nutrientes, resistentes ao vento e à instabilidade do substrato.

Além das espécies naturais dos sistemas, existem as espécies da flora sinantrópica (espécies que vivem próximas às habitações humanas) - espécies resultantes das atividades agrícolas que se localizam próximas dos sistemas dunares, onde se incluem também as espécies exóticas. As espécies exóticas servem como indicadores do estado de degradação e vulnerabilidade dos sistemas dunares, uma vez que ocorre a destruição da vegetação nativa, colonizando uma vasta área (caso da *Carpobrotus edulis* (chorão-da-praia)) (Marchante *et al.*, 2008)

As espécies que habitam nos sistemas dunares distribuem-se ao longo de todo o sistema em função de gradientes ambientais como a instabilidade do substrato, temperatura, pH, secura, salinidade, carência de nutrientes e exposição a ventos fortes, distinguindo-se assim as unidades fisiográficas e ecológicas. As condições são mais adversas junto à zona de espraio da onda e muito menos adversas na zona do limite superior da maré. Quando aumenta a distância em direção ao interior, observa-se um gradiente exponencial de complexidade estrutural da vegetação, assim como, um aumento no número de espécies existentes.

2.2.4 -Vegetação por Zonas

Na zona limite superior de maré podem surgir comunidades de plantas formadas por espécies como a *Cakile marítima* (eruca marítima), *Salsola kali* (soda espinhosa), *Polygonum maritimum* (Polígono marítimo) e *Euphorbia peplis* (maleiteira-das-areias). Estas são espécies halonitrófilas, com adaptações de tolerância à elevada salinidade e à insuficiência de nutrientes.

A vegetação da duna embrionária é maioritariamente constituída por espécies perenes, ou seja, espécies em que o seu ciclo de vida é longo. Esta zona é abundante em *Elymus farctus* (feno-das-areias) e *Ammophila arenaria* (estorno), que atuam como espécies estruturantes. Devido a este fator, forma-se gradualmente uma elevação considerável de sedimentos originando

a duna embrionária. Existem, além destas, mais espécies, mas que não são espécies dominantes, tais como, *Euphorbia paralias* (morganheira-das-praias); *Otanthus maritimus* (cordeiros-da-praia-praia do Palheirão) entre outras. A vegetação da duna embrionária apresenta um grau baixo de cobertura, originando o arrastamento das partículas granulares, pelo vento, para o lado dos terrenos.

Na duna primária, o conjunto vegetal encontra-se mais rico e mais abundante do que na duna embrionária. Esta geoforma não é tão afetada pela agitação marítima e pelo vento, favorecendo assim as plantas que aí se tentam fixar. Numa maior proliferação encontra-se a *Ammophila arenaria* (estorno-praias de Quiaios e Palheirão) mas também (em número reduzido) as espécies *Elymus farctus* (feno-das-areias-praia do Palheirão); *Euphorbia paralias* (morganheira-das-praias-nas três praias), *Otanthus maritimus* (cordeiros-da-praia-praia do Palheirão), entre outras. De realçar o facto de a cobertura por *Ammophila arenaria* estabelecer um bom indicador para a caracterização da condição dos sistemas dunares. Uma cobertura baixa de *Ammophila arenaria* revela que o sistema se encontra degradado, o que pode levar a galgamentos oceânicos, destruindo assim a frente dunar (Sousa,2010).

Na duna secundária as condições naturais para o crescimento das plantas são muito mais favoráveis que nas formações anteriormente descritas, devido ao seu afastamento do mar. A vegetação característica deste local inclui as espécies: *Corema álbum* (camarinha); *Artemisia crithmifolia* (erva-lombrigueira); *Helichrysum italicum* (perpétua-das-areias ou caril-das-areias); *Thymus carnosus* (tomilho-das-praias); *Armeria pungens* (cravo-das-areias ou erva divina) e *Sedum sediforme* (erva pau). Nesta zona existem áreas densas de espécies arbustivas de maior porte que variam com áreas de pouca vegetação (“zonas despidas”) e com zonas em que a vegetação é composta por subarbustos (Sousa,2010).

Para estabilizar os sedimentos e impedir o seu avanço para o interior, como proteção aos terrenos agrícolas, são visíveis grandes plantações de *Pinus pinaster* (Pinheiro Bravo), espécie que prosperou e acabou por dominar toda a zona acabando por diminuir a plantação rasteira natural.

2.3 - Usos e Impactes

Nesta secção são abordados os agentes antrópicos. Algumas ações humanas provocam distúrbios em toda a dinâmica do sistema dunar.

Os principais problemas inerentes ao litoral devido à ação humana são: o aumento populacional junto à costa, devido muitas vezes à melhoria da qualidade de vida e também à

ampliação das áreas industriais e do comércio, assim como, o intenso turismo balnear; a falta de sensibilização das populações para a importância geomorfológica e biológica destes espaços. O aumento da pressão antrópica no litoral despoletou o crescimento urbano e a sua fixação muito próxima da praia, por vezes até mesmo em cima dos campos dunares. A erosão, que entretanto ocorreu, obrigou a um aumento de obras de defesa costeira. Estas obras têm como motivação principal a proteção das frentes urbanas ou de outros valores patrimoniais.

Os fatores descritos levam a uma degradação do litoral. Contudo o principal problema reside na deficiência sedimentar em transporte por deriva litoral, e na presença de extensos molhes nas entradas dos portos que condicionam fortemente a deriva litoral.

Um outro problema é a redução das principais fontes aluvionares nas zonas costeiras. Segundo Abecasis (1997), ao largo da costa portuguesa, as fontes aluvionares são fundamentalmente os rios (Minho, Lima, Cávado, Ave, Douro, Mondego, Tejo, Sado, Mira, Arade e Guadiana). Autores como Oliveira *et al.* (1982); Dias (1993); Dias, *et al.* (1994) e Coelho (2005) referem o rio Douro como o principal contribuinte, em regime natural, de carga sólida afluente ao litoral noroeste. Segundo Boto (1997), a escassez de sedimentos está relacionada, direta e indiretamente, com atividades antrópicas como aproveitamentos hidroelétricos, as obras da hidráulica agrícola, a exploração de inertes nos rios e estuários, a florestação das bacias hidrográficas, as obras de regularização de cursos de água e as dragagens.

Todos estes fatores aliados a uma extração de sedimento das dunas e das praias, ou mesmo as dragagens nas áreas marinhas e portuárias, acabam por alterar o balanço sedimentar, impedindo assim o crescimento da duna, o que leva a uma maior erosão e à destruição da vegetação e ao “avanço” da praia para terra. Todos estes factos originam um balanço sedimentar negativo.

As mais comuns obras de defesa costeira servem para proteger bens edificados localizados junto à beira-mar. Os principais são os esporões, quebra-mares e enrocamentos. Estas estruturas, por um lado protegem o que se encontra a barlar, pelo outro alteram (pois as praias a barlar crescem e as praias adjacentes a sotamar reduzem drasticamente a quantidade de sedimentos, como ilustra a figura II-16.) a dinâmica sedimentar, ocorrendo assim uma distribuição assimétrica na quantidade de sedimentos o que afeta os sistemas dunares. No caso particular dos esporões, estes causam ainda outro problema: as praias a barlar crescem e as praias adjacentes a sotamar reduzem drasticamente, como ilustra a figura II-16.



Figura II-16: Representação da deriva litoral num campo de esporões (adaptado de Carter, 1988 in Sousa, 2010).

O outro grande fator de destruição dos sistemas dunares é a pressão antrópica direta exercida através das edificações, indústrias, infraestruturas rodoviárias e ferroviárias imediatamente adjacentes às praias. Por outro lado, com a redução da largura das praias, diminui o seu poder de dissipação da energia das ondas. As geoformas são destruídas também devido ao pisoteio, que destrói a vegetação e provoca o aparecimento de corredores eólicos, facilitando os galgamentos oceânicos, bem como as construções e arruamentos edificados sobre o cordão dunar. O cultivo direto sobre as dunas leva à eliminação da vegetação dunar, à grave alteração de toda a dinâmica dunar e das características do solo e do lençol freático, aumentando assim a possibilidade de contaminação dos aquíferos devido à grande porosidade e permeabilidade dos sedimentos. Também o pastoreio conduz a um aumento de vulnerabilidade do sistema dunar, pois os animais alimentam-se da vegetação dunar e compactam o solo através do pisoteio. Qualquer outra atividade que reduza o coberto vegetal e a sua fragmentação promove a entrada de espécies exóticas, o que na sua maioria leva à alteração das características estruturais e funcionais, podendo colocar espécies em perigo.

Em suma, as principais atividades antrópicas que influenciam a dinâmica de praias arenosas e por conseguinte das dunas litorais são: as barragens e respetiva retenção de sedimentos nas albufeiras com proteção das margens aluvionares e as obras de proteção costeira principalmente os esporões que originam défices sedimentares a sotamar. Neste contexto, os fatores naturais (como tempestades) sendo acompanhadas por pressões físicas nos ecossistemas dunares, degradam e fragilizam as dunas.

2.4 - Princípios básicos do levantamento geomorfológico – GPS

Para se compreender a metodologia em uso neste estudo apresenta-se uma breve descrição do sistema de posicionamento global (Global Positioning System - GPS). O GPS é um sistema de navegação NAVSTAR (NAVigation System with Time And Ranging) projetado para o Departamento da Defesa dos Estados Unidos. Apoiado na tecnologia dos satélites, tornou-se operacional desde 1994, o que permitiu a todo o mundo a determinação instantânea de coordenadas de pontos e, velocidades. A constelação do sistema GPS quando concluída ficou constituída por 24 satélites constantemente em órbita ao redor da Terra, que permite a localização instantânea em qualquer ponto da Terra (fig. II-17).

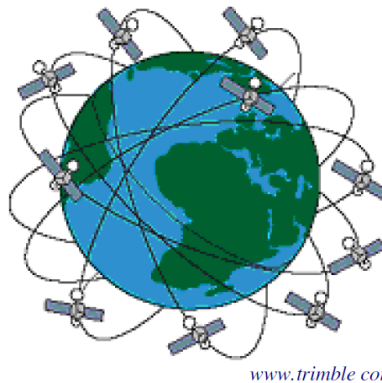


Figura II-17: Satélites (24) em órbita em redor da terra.

O sistema GPS tem como base o sistema de rádio-navegação, onde todos os satélites enviam sinais de rádio exatamente ao mesmo tempo, permitindo ao recetor avaliar o lapso entre emissão/recepção. Este sistema é relativamente imune às condições meteorológicas, tendo como objetivos principais o posicionamento e navegação em qualquer lugar do mundo durante 24 horas por dia. Cada satélite representa o centro de uma esfera, definida pelo raio que corresponde à distância entre o satélite e o recetor. Através da recepção simultânea de sinais, a partir de 4 satélites pode-se obter as três coordenadas espaciais que são necessárias para determinar o local da antena do utilizador – altitude, latitude e longitude – e mais o tempo ou instante do sinal recebido. Os satélites GPS descrevem órbitas muito precisas. Os recetores de GPS localizados na superfície terrestre recebem o sinal emitido pelos satélites e através da triangulação calculam a posição exata do utilizador. O fundamento do princípio de posicionamento consiste em comparar o instante de tempo do sinal transmitido por um satélite, com o instante de tempo de recepção do sinal – fazendo com que a diferença de tempo indique qual a distância do satélite. Com as medidas da distância de pelo menos mais 3 satélites, obtém-

se a posição exata do utilizador em 3D. Os satélites do GPS transmitem duas frequências de sinais de rádio, de baixa potência, designados por L_1 e L_2 . Um sinal de GPS contém três tipos de informação: um código do tempo do satélite, dados do calendário astronómico e o código pseudoaleatório. Este último, serve para identificar qual o satélite que está a transmitir a informação. Cada satélite transmite os dados do calendário astronómico que mostra a informação orbital para esse satélite e para os outros satélites do sistema. Os dados são transmitidos constantemente por cada satélite e contêm a informação importante sobre a data e a hora do satélite. Esta parte é imprescindível para determinar a posição do utilizador.

O sistema de referência utilizado pelo sistema GPS é o World Geodetic System 1984 (WGS-84). No presente trabalho utiliza-se o GPS em modo diferencial (DGPS). Este modo consiste na utilização de uma estação de base na qual um recetor é colocado num ponto de coordenadas conhecidas e precisas e uma estação móvel ou *rover* que é utilizada no levantamento que se pretenda realizar. Este modo de posicionamento permite tirar partido da máxima precisão do sistema GPS.

Segundo Baptista (2006, p. 65,66) - “ A evolução e a sistematização dos conhecimentos científicos no domínio da geomorfologia litoral e, mais concretamente, em morfodinâmica, têm sofrido avanços nos últimos anos, para os quais muito contribuíram os programas de monitorização estabelecidos com base em técnicas geodésicas de posicionamento, de fotogrametria e de deteção remota. No que respeita à aplicabilidade destas tecnologias no contexto nacional, o enquadramento económico assume um papel de destaque, pelo que o desenvolvimento de sistemas produtivos e eficientes a baixo custo acolhe uma melhor aceitação no campo da aplicação a curto ou médio prazo. Das tecnologias existentes, o GPS desde que devidamente explorado, parece ser o que mais se ajusta a este contexto. Esta tecnologia oferece elevada precisão no posicionamento geodésico, tornando-se assim compatível com a necessidade de rigor para o estabelecimento de estudos regulares de morfodinâmica”.

CAPÍTULO III - Área de Estudo

III. Área de Estudo

3.1 - Estrutura do Capítulo

Neste capítulo é analisado o enquadramento geográfico da área de estudo, constituída por três praias: praia de Mira, praia do Palheiro e praia de Quiaios, assim como as características físicas de cada uma delas e a descrição e análise dos respetivos cordões dunares.

A geologia e geomorfologia da área é subdividida em duas zonas: zona I- praia de Mira e praia do Palheiro e zona II - praia de Quiaios. Esta subdivisão é efetuada pela localização geográfica das praias. O clima e a agitação marítima sentida na área de estudo são analisados com base em dados diários de agitação marítima (direção da onda, altura de onda) de vento (intensidade e direção) e de pluviosidade, recolhidos nos portos de Aveiro e Figueira da Foz, devido à sua localização geográfica às praias em estudo. Estes dados são utilizados para avaliar a dinâmica da duna frontal.

3.2 - Enquadramento geográfico da área de estudo

Portugal apresenta uma forma retangular com uma linha de costa de aproximadamente 940 km (591km de costa arenosa e 348km de costa rochosa (capítulo I – *Introdução* – secção 1.2. Relevância do Tema)) (fig. III-1).

Em termos geomorfológicos, existem três tipos de zonas costeiras: zona costeira arenosa baixa, zona costeira rochosa baixa e zona costeira rochosa alta (INAG,2006). A zona costeira arenosa é constituída pelas praias arenosas e pelas suas formas dunares ocupando cerca de 60% da faixa litoral do país (fig. III-1) (INAG, 2006). A figura III-1 apresenta a distribuição de praias rochosas e arenosas ao longo da costa de Portugal Continental. Numa zona rochosa podem também ocorrer geoformas dunares mas só nos intervalos entre as saliências rochosas. Na zona Noroeste, centro e Sul predominam costas arenosas onde se encontram os três casos de estudo.

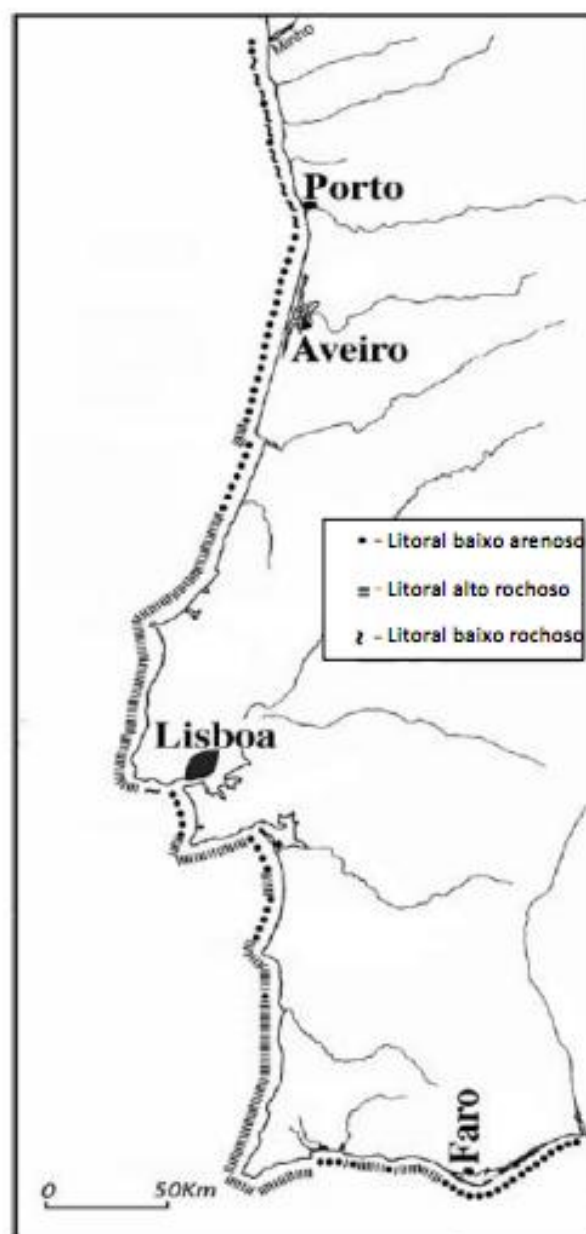


Figura III-1: Geomorfologia da zona costeira portuguesa (INAG,2006).

A figura III-2 ilustra a localização das áreas de estudo (praia de Mira, praia do Palheirão e praia de Quiaios).



Figura III-2: Localização geográfica das três praias em estudo em Portugal Continental: a) praia de Mira ([4]); b) praia do Palheirão ([4]) e c) praia de Quiaios ([4]).

3.2.1 - Praia de Mira

A praia mais a norte, designada por praia de Mira (fig. III-2 a), situa-se no concelho de Mira, na localidade Praia de Mira. Este concelho ocupa uma área de 122 km² e é todo ele, a Oeste, percorrido por dunas de Norte a Sul (Oliveira,2005). O concelho de Mira é o único que se encontra totalmente inserido na região natural da Gândara, uma zona onde os terrenos são pouco férteis, pelo que a proteção pelas dunas é ainda mais importante, pois pequenas variações da proteção podem levar à salinização dos terrenos, deixando-os inférteis. A praia de Mira é uma praia muito frequentada pelos habitantes locais e por turistas. Para proteger as dunas da erosão costeira, na zona Norte da praia, foram colocadas paliçadas com disposição oblíqua à duna (fig. III-3). As paliçadas são colocadas como função de obstáculo. Assim, são colocadas paliçadas perpendiculares (relativamente à direção do vento) e paliçadas na base da duna para impedir a perda de sedimentos e promover alguma acumulação de sedimentos. Como referido no capítulo I – *Introdução* - 1.8 – Enquadramento meteorológico, os ventos predominantes são de N e NW. As paliçadas que se visualizam na figura III-3 são grosseiramente perpendiculares a essa direção para reter os sedimentos transportados segundo a orientação de NW. Quanto à vegetação esta tende a proliferar, mas não é muito abundante. Esta praia encontra-se equipada com apoios de praia e acessos pedonais, através de passadiços, transversais à linha de costa, sobre as dunas existentes (fig. III-3).



Figura III-3: Exemplo de paliçadas na praia de Mira (21-5-2012 - vento de 13,3 km/h de W; agitação marítima - 0,81m, baixa-mar).

3.2.2 - Praia do Palheirão

A praia do Palheirão (fig. III-2 b) situa-se no concelho de Cantanhede, um concelho com área de 396 km², pertencente à zona da Gândara, com exploração agrícola (em terrenos pouco férteis), e florestal. Esta praia não é muito frequentada devido ao seu difícil acesso. A praia do Palheirão é uma praia selvagem que na época de verão é frequentada principalmente pelos habitantes da região e alguns turistas. Nesta praia existem dois passadiços, um de acesso direto à zona balnear - passadiço transversal (fig. III-4) e outro longitudinal (fig. III-9, p. 44), paralelo à linha de costa, sobre a duna. Esta praia apresenta uma duna consolidada e em bom estado (fig. III-9, p. 44) e a vegetação é abundante. De salientar que esta praia não é uma praia muito estudada, e vai ser utilizada como referência de uma duna frontal em bom estado natural.

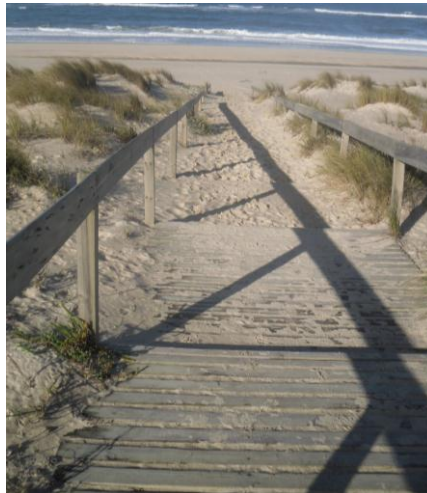


Figura III-4: Exemplo de acessos pedonais (passadiço) na praia do Palheirão (21-5-2012 - vento de 13,3 km/h de W; agitação marítima - 0,81 m, baixa-mar).

3.2.3 - Praia de Quiaios

A praia mais a Sul é a praia de Quiaios (fig. III-2 c) que se situa no concelho da Figueira da Foz, o qual ocupa uma área de 379,4 km². A Figueira da Foz é uma zona turística em que as suas praias possuem infraestruturas, como os apoios de praia e os acessos pedonais. A praia de Quiaios é muito frequentada durante todo o ano, para recreio, exercício físico, lazer, pesca com cana, turismo e especialmente para prática de desportos náuticos. Existe um longo passadiço que percorre toda a extensão da praia (fig. III-5). Esta praia é caracterizada por uma grande extensão dunar contínua que, para além de proteger a povoação do mar, possui uma biodiversidade

própria. Outro elemento característico desta praia é a aproximação (a Sul) ao Cabo Mondego, o qual serve de obstáculo natural ao setor situado a barlar, no qual se inclui esta praia.



Figura III-5: Passadiço longitudinal ao longo da praia de Quiaios (20-5-2012 - vento de 19,4 km/h de W; agitação marítima - 3,20 m, preia-mar).

3.3 - Sistema Dunar Mira-Quiaios

Nesta secção são descritos e analisados os diferentes cordões dunares de cada uma das praias em estudo.

O sistema dunar frontal, em análise, é composto pelos cordões dunares de Mira, Palheirão e Quiaios. Neste sistema dunar é visível a existência de zonas onde a quantidade de sedimentos aumenta cobrindo uma área considerável no passadiço (fig. III-6 A,B). Contudo noutras zonas existe falta de sedimentos. Por vezes a duna é cortada por *blowouts* que podem evoluir para o interior por dunas parabólicas que passam depois, eventualmente, a lineares (Almeida, 2003). Quanto às dunas interiores, estas apresentam uma estrutura dunar linear mas, no terreno, nota-se que as cristas são agora ocupadas por vegetação arbustiva e pinhal (Almeida, 1995). Atualmente, na zona norte da praia de Quiaios, nas dunas interiores, as cristas são ocupadas por vegetação intensa.

Segundo Almeida (2003, p. 57) “A mais recente vaga de dunação que veio cobrir boa parte dos campos dunares anteriores, é formada por dunas lineares (oblíquas e transversas) com disposição W-E, na maior parte da área e por dunas parabólicas e em domo junto do cordão litoral”.



Figura III-6: Sedimentos cobrindo os passadiços: A- praia de Quiaios (20-5-2012 - vento de 19,4 km/h de W; agitação marítima - 3,20 m, preia-mar); B – praia de Mira (21-5-2012 - vento de 13,3 km/h de W; agitação marítima -0,81 m, baixa-mar).

3.3.1 - Cordão dunar frontal da Praia de Mira

O cordão frontal desta praia localiza-se a Sul e a Norte da zona edificada da praia de Mira (fig. III-7). A figura III-7 mostra não só o estado atual da duna, como também, a ocupação humana da praia que afeta a duna. A duna frontal da praia de Mira apresenta alguns corredores eólicos associados à falta/destruição de vegetação, sendo relevante constatar que existem espécies vegetais, cuja presença indica que o estado de conservação não se encontra equilibrado, podendo assim afirmar-se que ocorrem fenómenos de erosão na praia de Mira. A cota máxima detetada, da crista da duna frontal, durante o período em que decorreu este estudo, é de 16,58 m (perfil Sul).



Figura III-7: Cordão dunar frontal na praia de Mira (zona Norte) (21-5-2012 - vento de 13,3 km/h de W; agitação marítima - 0,81 m, baixa-mar).

3.3.2 - Cordão dunar frontal da Praia do Palheirão

O cordão frontal do Palheirão é um cordão em boas condições cuja crista dunar diminui de cota à medida que se vai para Sul e no qual não existem sinais de desgaste e erosão, como por exemplo não são visíveis corredores eólicos (Fig. III-8). Não ocorre presença de nenhum corredor eólico, e as dunas são cobertas por vegetação abundantemente (fig. III-9). A crista da duna no Palheirão possui cota máxima de 13,31m (perfil Sul).



Figura III-8: Cordão dunar frontal da praia do Palheirão em bom estado de conservação (21-5-2012 - vento de 13,3 km/h de W; agitação marítima - 0,81 m, baixa-mar).



Figura III-9: Estado da vegetação no cordão dunar frontal da praia do Palheirão (21-5-2012 - vento de 13,3 km/h de W; agitação marítima - 0,81 m, baixa-mar).

3.3.3 - Cordão dunar frontal da Praia de Quiaios

O cordão dunar de Quiaios apresenta uma forma contínua e paralela à linha de costa (fig. III-10). O cordão tem uma cobertura vegetal relativamente densa. No entanto, apresenta alguns pontos de degradação evidenciados por corredores eólicos (fig. III-11). Na praia nota-se um maior desgaste nas zonas laterais dos passadiços a Norte (fig. III-11) e, por vezes, na base da duna. A cota máxima da crista da duna na praia de Quiaios é a que apresenta uma cota de 11,46m (perfil Norte), sendo a menor das três praias.



Figura III-10: Visão panorâmica do cordão dunar frontal da praia de Quiaios (20-5-2012 - vento de 19,4 km/h de W; agitação marítima - 3,20 m, preia-mar).



Figura III-11: Desgaste na lateral Norte do passadiço Norte na praia de Quiaios (20-5-2012 - vento de 19,4 km/h de W; agitação marítima - 3,20 m, preia-mar) – corredor eólico bem desenvolvido.

3.4 - Geologia e Geomorfologia

Esta secção aborda a geologia, litologia, geomorfologia e os processos morfogenéticos da área de estudo com base em Noivo (1996); Silva (2001) e Oliveira (2005). Esta área vai ser dividida em duas grandes zonas: uma primeira englobando as praias de Mira e do Palheirão (zona 1) e uma segunda englobando a Praia de Quiaios (zona 2), relativamente às suas proximidades geográficas.

3.4.1 - Praia de Mira e Praia do Palheirão

Na área que engloba a praia de Mira existem principalmente depósitos modernos do Holocénico, depósitos de praias antigas e terraços fluviais do Plistocénico (Oliveira,2005).

Estes depósitos são constituídos por três grandes tipos sedimentares: aluviões, areias de praia e dunas e areias eólicas. As aluviões surgiram nas margens do canal de Mira e são constituídas por materiais de natureza silto-argilosa com matéria orgânica. As areias de praia são constituídas por sedimentos médios e grosseiros, as quais são comuns a todas as praias ao longo de toda a costa do concelho. As dunas e areias eólicas constituem a quase totalidade do concelho, sendo que nestas formações é fácil distinguir as dunas das areias eólicas que constituem as superfícies planas.

Os depósitos de praias antigas (afloramentos da Presa até ao Corticeiro de Baixo e de Carromeu a Ramalheiro) são constituídos essencialmente por sedimentos e cascalheiras bem roladas enquanto os terraços fluviais são constituídos por arenitos, muito finos, e que surgem entre as areias eólicas (Oliveira,2005).

Morfoestruturalmente, a área de estudo que integra a zona I situa-se na Orla Meso-Cenozóica Ocidental na sub-região natural da Gândara. As dunas apresentam as seguintes orientações: um cordão dunar com orientação NNE-SSW; um agrupamento dunar com orientação W-E, que se situa imediatamente a seguir ao cordão dunar; um agrupamento dunar com dunas de forma geral mais ou menos parabólica, que se desenvolve nas zonas mais baixas fazendo barragem a algumas lagoas (Silva,2001). As dunas de Mira são principalmente constituídas por depósitos modernos que, no geral, são compostos por materiais de reduzidas dimensões não agregados e devido a esse fator muito móveis. As dunas são, por isso, o resultado de areias de praia que foram fornecidas pelo mar e movimentadas pelo vento para o interior ou então por sedimentos que foram cedidos por dunas preexistentes que se movimentaram ou foram totalmente destruídas (Oliveira,2005).

O cordão dunar resulta da acumulação de sedimentos paralelamente à praia (Oliveira,2005).

A praia do Palheiro é semelhante, em termos morfoestruturais, à Praia de Mira. Quanto à estrutura morfológica esta situa-se na Orla Meso-Cenozóica na sub-região da Gândara. O cordão dunar é constituído por dunas eólicas que são formadas a partir dos movimentos da praia conjugados com os ventos predominantes.

3.4.2 - Praia de Quiaios

O campo dunar de Quiaios situa-se imediatamente a Norte da Serra da Boa Viagem, a qual é, composta por afloramentos mesozóicos que integram as formações do Jurássico e Cretácico. Constituídos por rochas jurássicas (calcários margosos e margas com intercalações de xistos betuminosos e arenitos). Os depósitos de sedimentos constituem os principais materiais de afloramentos que servem de base à acumulação de depósitos dunares mais recentes. O cordão dunar possui orientação de NNE-SSW devido ao efeito conjugado da deriva e da ondulação. As dunas são constituídas por depósitos modernos provenientes da plataforma continental que proporcionam um equilíbrio dinâmico em todo o sistema dunar.

3.5 - Clima e Agitação Marítima

Esta secção aborda algumas variáveis climáticas e de agitação marítima que influenciam diretamente a dinâmica das dunas.

3.5.1 – Clima

“O clima geral de Portugal revela características mediterrâneas devido à presença de meses secos no verão e um inverno com relativa suavidade térmica. No entanto, Portugal continental pode ser caracterizado por duas regiões climáticas: a) uma região a norte do vale do baixo Mondego mais húmida; b) uma a sul do mesmo vale tipicamente mais seca, com um número de meses secos, no verão, superior a dois. Não se pode ignorar também, a influência marcada do Oceano Atlântico junto ao Litoral” (Noivo, 1996, p. 36).

De realçar que nesta caracterização feita por Noivo (1996), o clima é igualmente caracterizado por apresentar nuances de tipo marítimo ou continental. A área de estudo é muito afetada pela influência marítima.

Quando se aborda o tema do clima obrigatoriamente é referida a temperatura do ar, o vento, nas suas componentes de intensidade e direção, e a pluviosidade. Os dados diários e a caracterização climática da área de estudo são importantes para compreender a dinâmica e também para poder justificar alguns dos processos naturais que ocorrem na área de estudo durante os nove meses de campanha (novembro de 2011 a julho de 2012). Contudo, a temperatura do ar neste estudo não é relevante no que diz respeito à dinâmica dunar, logo, não irá ser descrita.

3.5.1.1 - Pluviosidade

A pluviosidade é um dos parâmetros mais importantes neste estudo, pois afeta a velocidade a partir da qual ocorre mobilização de sedimentos. Quando a pluviosidade é reduzida (0-1 mm/dia) a velocidade de vento mínima estimada para que as partículas granulares se movam é de 20 km/h. Para uma maior pluviosidade (≥ 1 mm/dia) a velocidade de vento mínima aumenta até aos 35 km/h. Os sedimentos quando adicionadas com águas pluviais ficam mais coesos e é necessária uma maior capacidade de energia eólica para os mobilizar.

Para a análise da pluviosidade mensal e do vento, na área de estudo, foram utilizadas como referência as estações meteorológicas da Figueira da Foz e de Aveiro (Barra), através de dados adquiridos *online*, descritos no capítulo I- *Introdução* - 1.4- Metodologia. No período de estudo desta dissertação (novembro de 2011 a julho de 2012), a pluviosidade, foi particularmente reduzida (ver figura III-12 e III-13) caracterizando-se este ano como atípico. Os gráficos seguintes (fig. III-12 e III-13) demonstram a pouca pluviosidade durante os meses de campanha. Os dados retirados da estação da Figueira da Foz correspondem a Quiaios e os retirados de Aveiro correspondem aos de Mira e do Palheiro. Para existir um termo de comparação, na tabela III-1 são descritos valores de pluviosidade mensal em Portugal (outubro a maio) nos anos de 2004/2005 (um ano típico de seca) e nos anos de 2010/2011 e 2011/2012, considerando também os valores médios de 1971-2000.

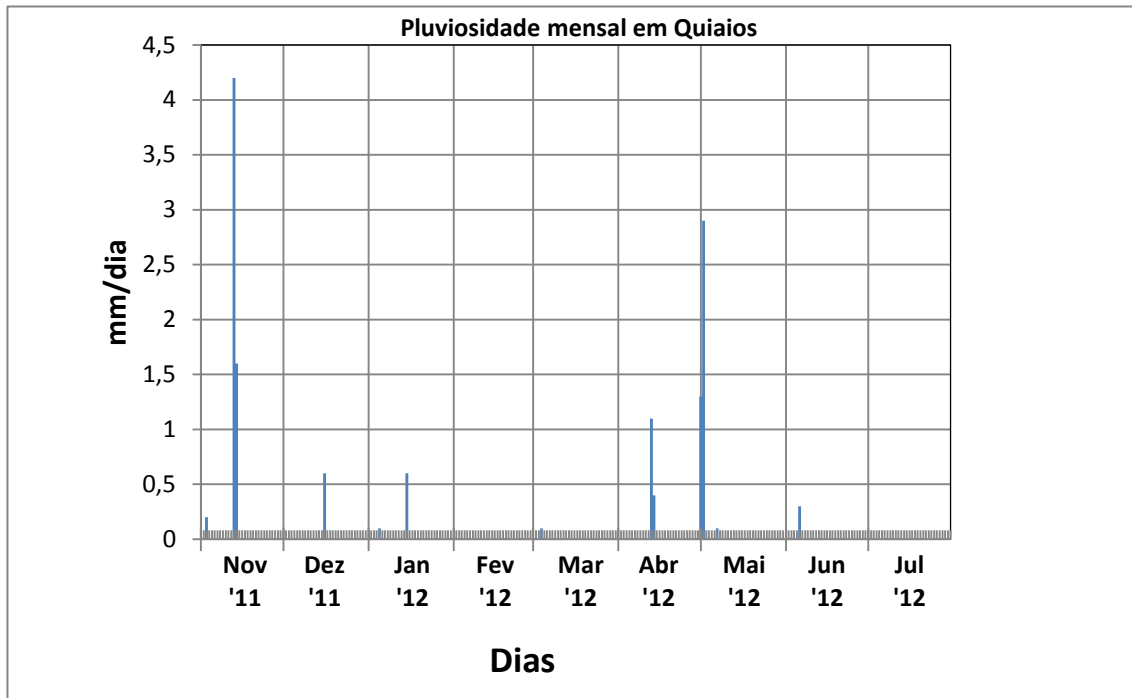


Figura III-12: Pluviosidade mensal durante o período de campanhas em Quiaios ([1]).

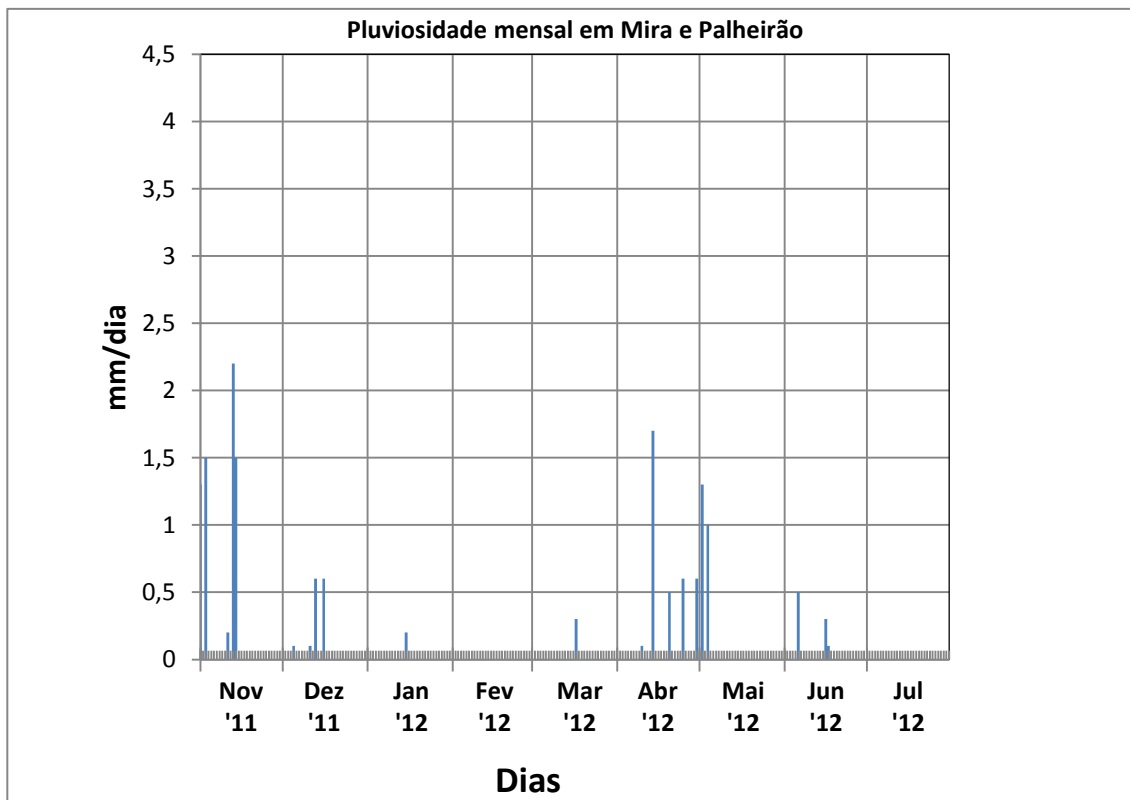


Figura III-13: Pluviosidade mensal durante o período de campanha em Mira e Palheirão ([1]).

Tabela III-1: Pluviosidade mensal nos anos hidrológicos (outubro a maio) 2004/2005, 2011/2012 e valor médio 1971-2000 (Gabinete de planeamento e políticas [6]).

Ano Hidrológico	Pluviosidade mensal no ano hidrológico (mm)								
	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Total
2004/2005	164,4	21,0	44,2	7,2	19,7	56,4	32,1	32,1	377,1
2010/2011	151,3	111,3	194,5	102,6	96,9	71,8	74,8	67,2	870,4
2011/2012	84,8	158,3	41,2	20,4	2,2	20,8	76,6	62,9	467,2
Média 1971/2000	98,2	109,4	144,0	117,3	100,1	61,2	78,9	71,2	780,3

Da observação dos gráficos, é fácil constatar que em ambas as regiões em estudo os meses com maiores quantidades de pluviosidade foram novembro, abril e maio. No entanto, na Figueira da Foz a quantidade de pluviosidade foi muito superior (4,25 mm/dia) à de Aveiro (2,25 mm/dia). Como ocorre menor pluviosidade, as praias são mais sensíveis a fenómenos de transporte sedimentar, tanto pelo vento como por outros fatores, como o pisoteio por pessoas e por animais, eventos turísticos com implementação do material sobre as dunas e principalmente sobre os sedimentos seco (mais fácil de mobilizar do que os molhados).

Verifica-se pela tabela III-1 que o total acumulado em 2011/2012 continua a ser inferior ao valor normal, mas superior ao de 2004/2005, confirmando que realmente foi um ano atípico, encontrando-se a zona de estudo classificada entre ano de seca fraca a moderada.

3.5.1.2. Vento

O vento é outro parâmetro importante do clima e com grande impacte na dinâmica dunar. Em concreto, o rumo e velocidade do vento são os quais definem a direção e a quantidade de partículas transportadas.

“ O vento é um fenómeno de movimentação contínua de massas de ar na atmosfera. Este resulta de diferenças de pressão de origem térmica e dinâmicas próprias da circulação atmosférica. O termo vento está associado à componente horizontal das massas de ar. Dadas as suas características, o vento pode ser descrito como grandeza vetorial. Deste modo, a direção ou o ponto de onde sopra o vento (rumo) e a intensidade representam as duas componentes vetoriais. A presença de turbulência impede frequentemente que o vento seja regular. A turbulência manifesta-se junto à superfície por variações rápidas e irregulares da direção e intensidade (Noivo, 1996, p. 39)”.

O vento exerce uma ação direta no transporte de sedimentos arenosos (sendo o agente da geodinâmica externa mais seletivo) contribuindo para a formação ou degradação dos sistemas dunares.

Em Portugal continental, de um modo geral, o vento sopra predominantemente de NW (Coelho, 2005). No entanto, existem diferentes distribuições e intensidades ao longo do ano variando sazonalmente. No verão, o litoral Oeste encontra-se sujeito ao anticiclone dos Açores originando assim fraca perturbação atmosférica. Esta fraca perturbação associada à brisa marítima produz a chamada *Nortada*. No inverno, a ação dos centros de baixa pressão oriundos do Atlântico Norte estão normalmente na origem de tempestades e mudança do rumo do vento. O vento predominante nestes meses surge de SW (rumo), mas inclui os rumos S e W, podendo divergir entre pequenas a grandes intensidades no Litoral Oeste (Noivo, 1996). Os ventos de maiores velocidades são os de maior interesse para este estudo, pois são os que conseguem mobilizar os sedimentos.

Para uma primeira análise do padrão do vento, na área de estudo, foram utilizadas como referência as estações meteorológicas da Figueira da Foz e de Aveiro (Barra), através de dados adquiridos *online*, descritos no capítulo I- *Introdução*, secção 1.4- Metodologia. Estas duas estações foram escolhidas devido à sua proximidade às praias. Não foi escolhida a estação “dunas de Mira” por esta não apresentar dados diários, ou seja, existiam dias em que não existiam dados nessa estação. As figuras III-14 a III-22 apresentam as rosas anemoscópicas, por campanhas, representando os dados de vento, em km/h, em ambas as estações. Nestas figuras é também

apresentada a análise campanha a campanha onde se visualiza a frequência com que ocorre o vento no período anterior à campanha e a sua velocidade média.

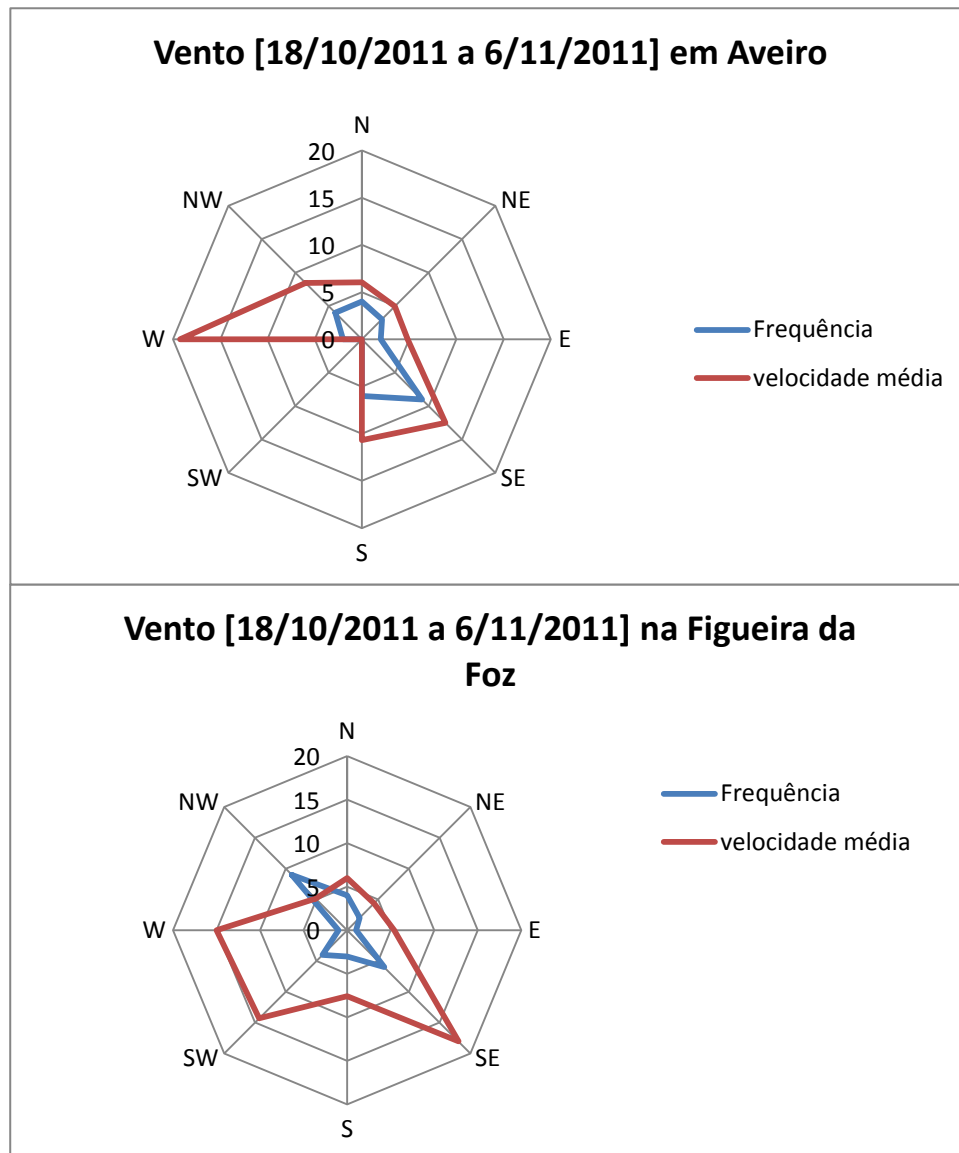


Figura III-14: Comparação do vento para a primeira campanha (dados de 18/10 a 6/11).

Nos dados recolhidos de 18 de outubro a 6 de novembro, em Aveiro, os rumos foram predominantes de W (19,25 km/h) enquanto na Figueira foram de SE (18,05 km/h). Em relação às frequências em Aveiro ocorreram maioritariamente ventos de SE e de S e na Figueira da Foz de NW e de SE.

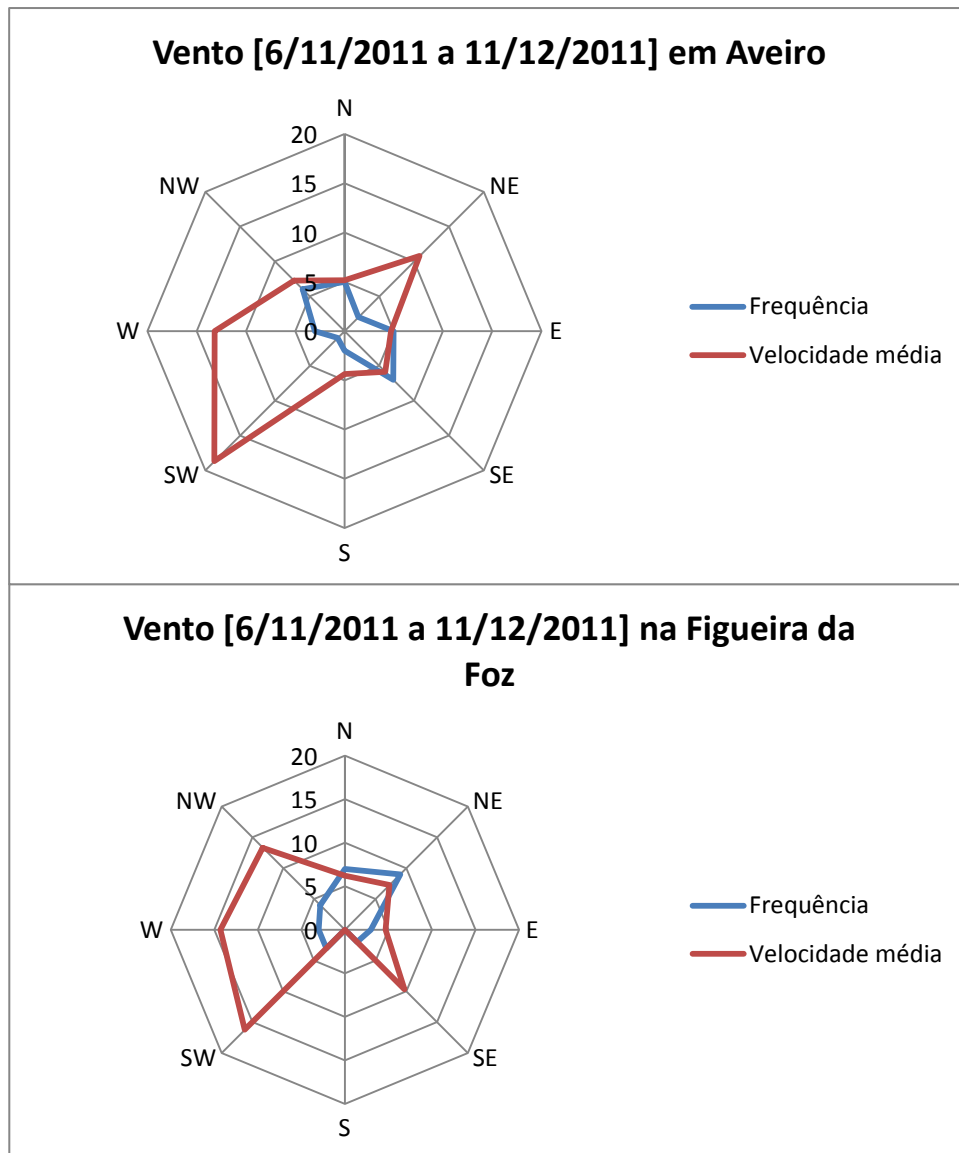


Figura III-15: Comparação do vento para a segunda campanha (dados de 6/11 a 11/12).

Nos dados recolhidos de 6 de novembro a 11 de dezembro, o vento em Aveiro foi predominante de SW (18,7km/h) e na Figueira da Foz foi igualmente de SW (16,23 km/h). Relativamente às frequências em Aveiro estas foram maioritariamente de SE e de NW e na Figueira da Foz foram de NE e de N.

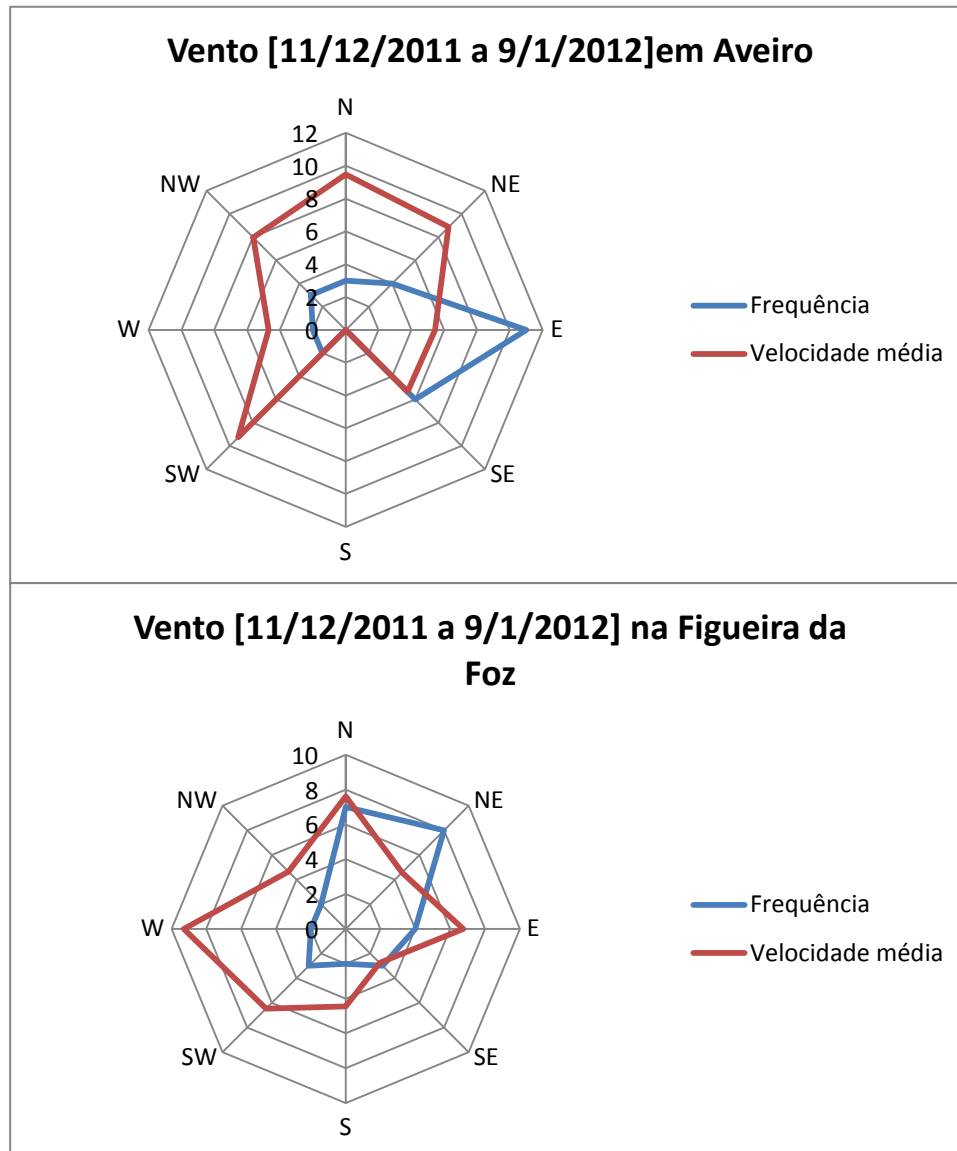


Figura III-16: Comparação do vento para a terceira campanha (dados de 11/12 a 9/1).

Nos dados recolhidos de 11 de dezembro a 9 de janeiro, o vento em Aveiro foram predominantes de N (9,47 km/h) e SW (9,25 km/h) e na Figueira da Foz foi de W (9,3 km/h) e N (7,61 km/h). As frequências, em Aveiro foram maioritariamente de E e na Figueira da Foz foram de NE e de N.

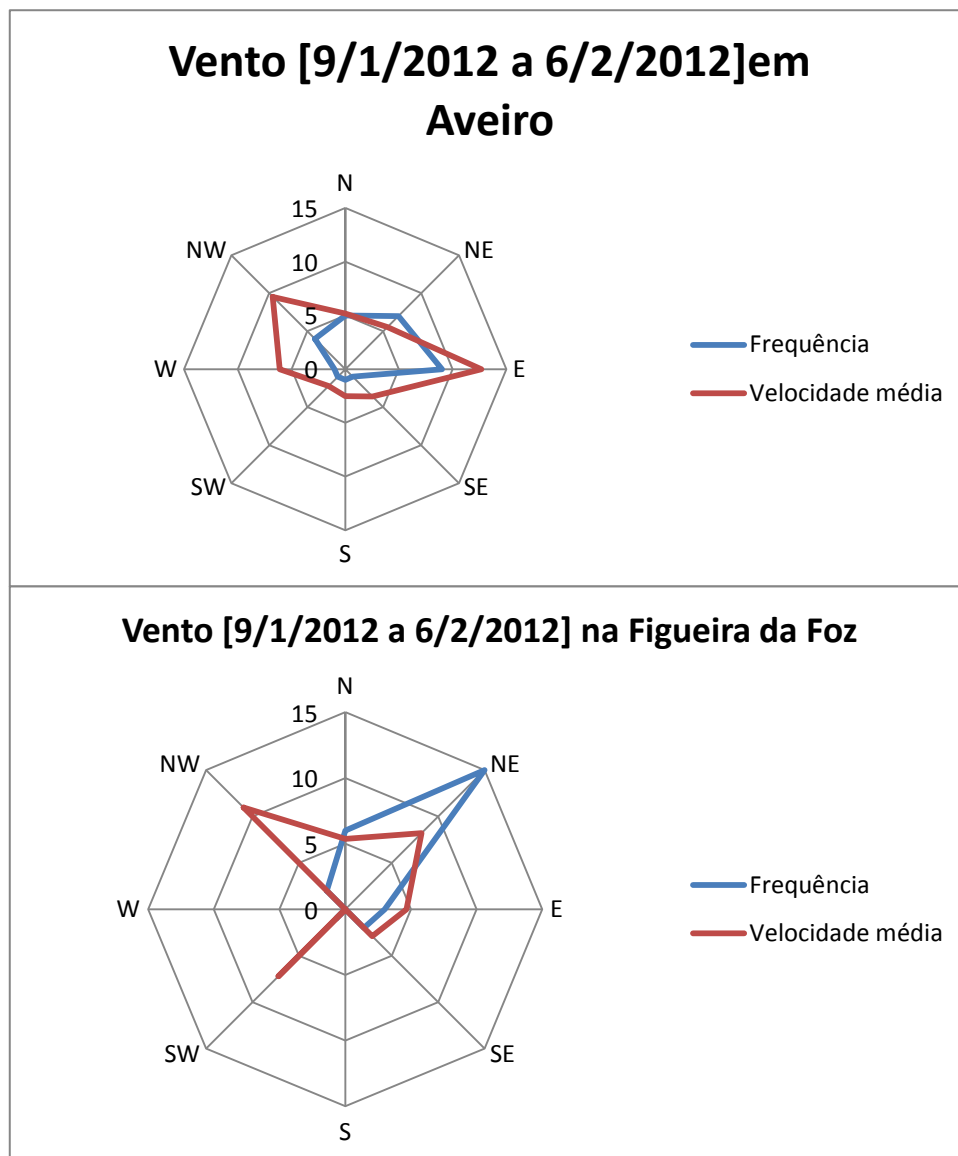


Figura III-17: Comparação do vento para a quarta campanha (dados de 9/1 a 6/2).

Nos dados recolhidos de 9 de janeiro a 6 de fevereiro na localidade de Aveiro foram detetados os rumos predominantes de E (12,69 km/h) e na Figueira da Foz foram de NW (10,95 km/h). Quanto às frequências estas foram maioritariamente de E e de NE em Aveiro. Por outro lado, para a Figueira da Foz foram de NE.

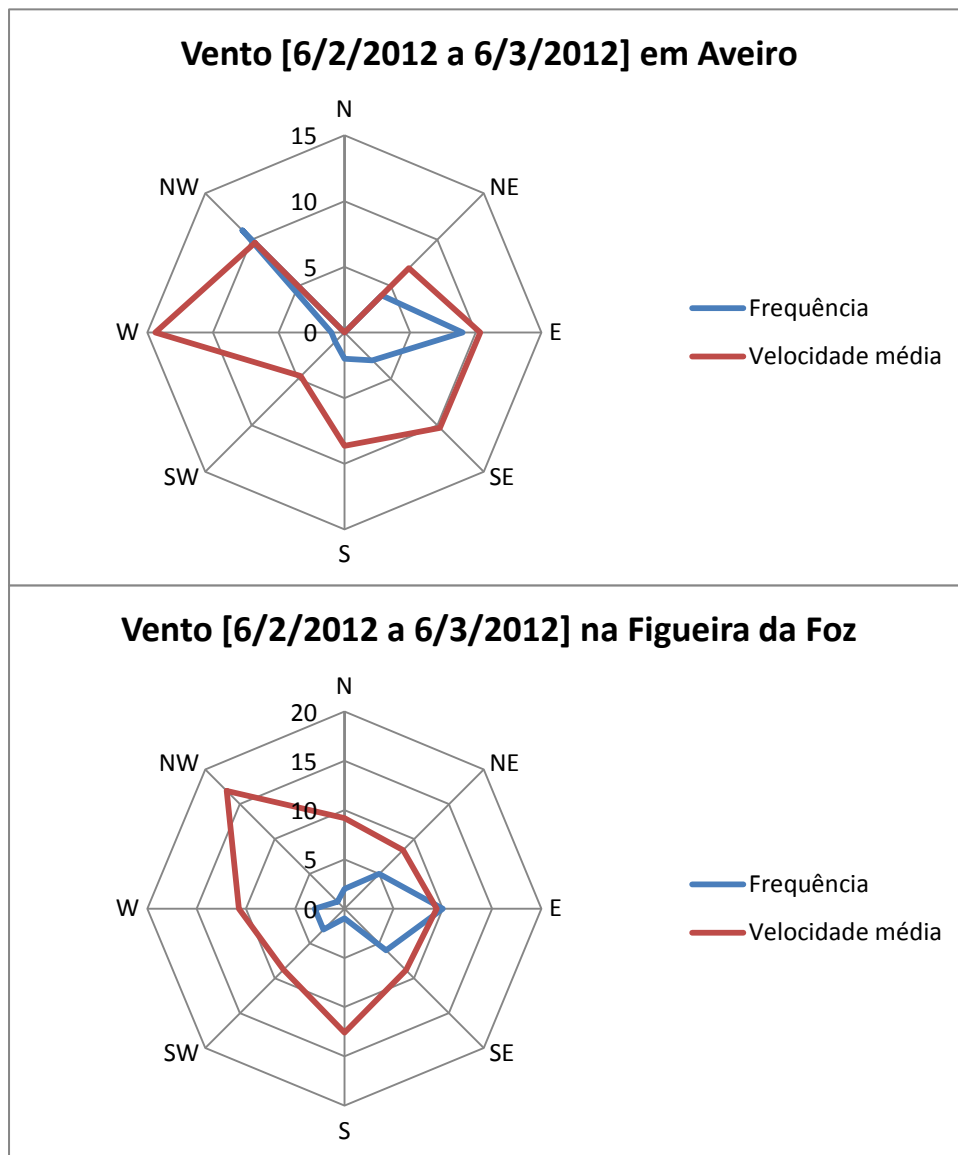


Figura III-18: Comparação do vento para a quinta campanha (dados de 6/2 a 6/3).

Nos dados recolhidos de 6 de fevereiro a 6 de março em Aveiro os rumos predominantes foram de W (14,4 km/h) enquanto na Figueira da Foz foram de NW (16,9 km/h). Relativamente às frequências para Aveiro estas foram maioritariamente de NW e de E. Na Figueira da Foz as frequências superiores foram de E e de SE.

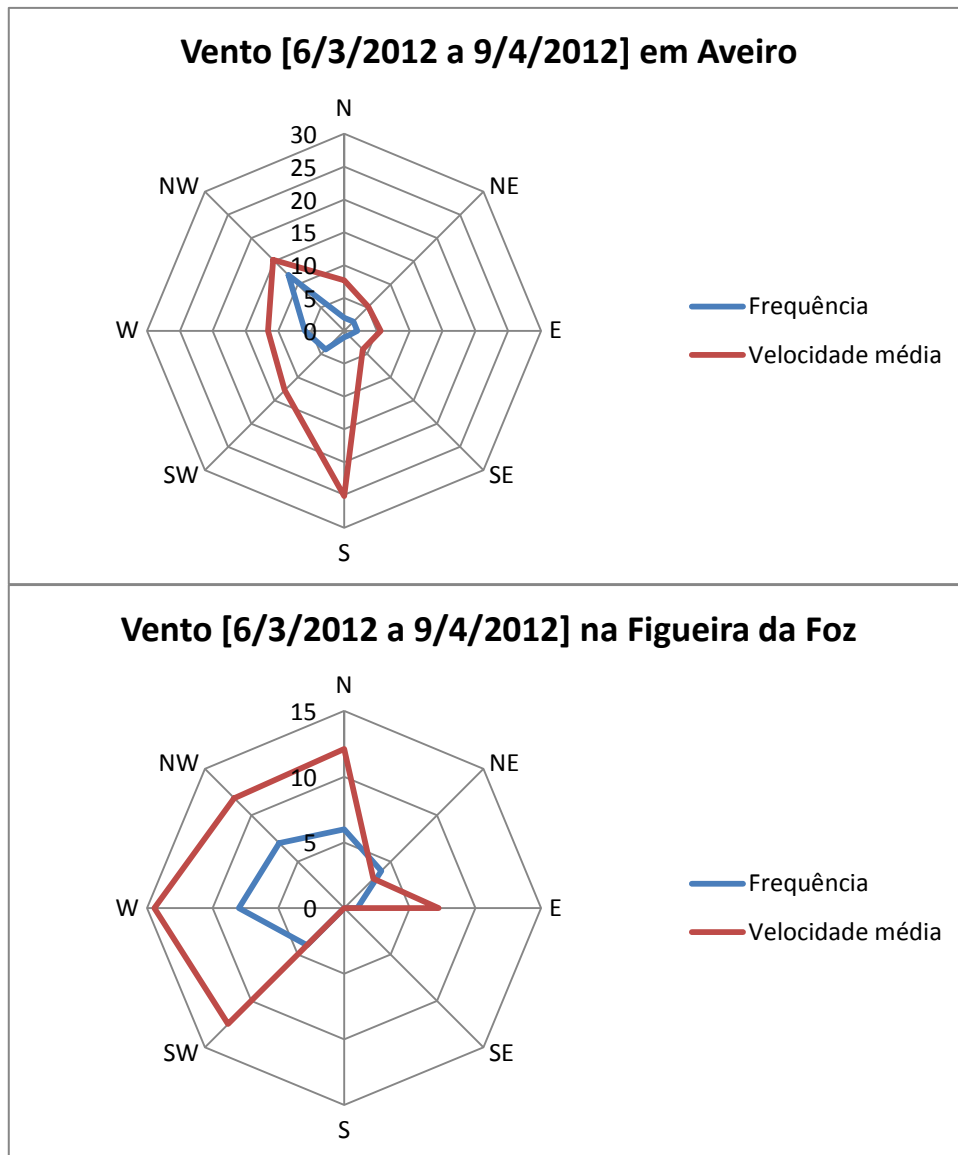


Figura III-19: Comparação do vento para a sexta campanha (dados de 6/3 a 9/4).

Nos dados recolhidos de 6 de março a 9 de abril em Aveiro os rumos predominantes foram de S (25,2 km/h) e na Figueira da Foz foram de W (14,44 km/h). As frequências para a localidade de Aveiro foram maioritariamente de NW enquanto na localidade da Figueira da Foz estas foram de W e de NW.

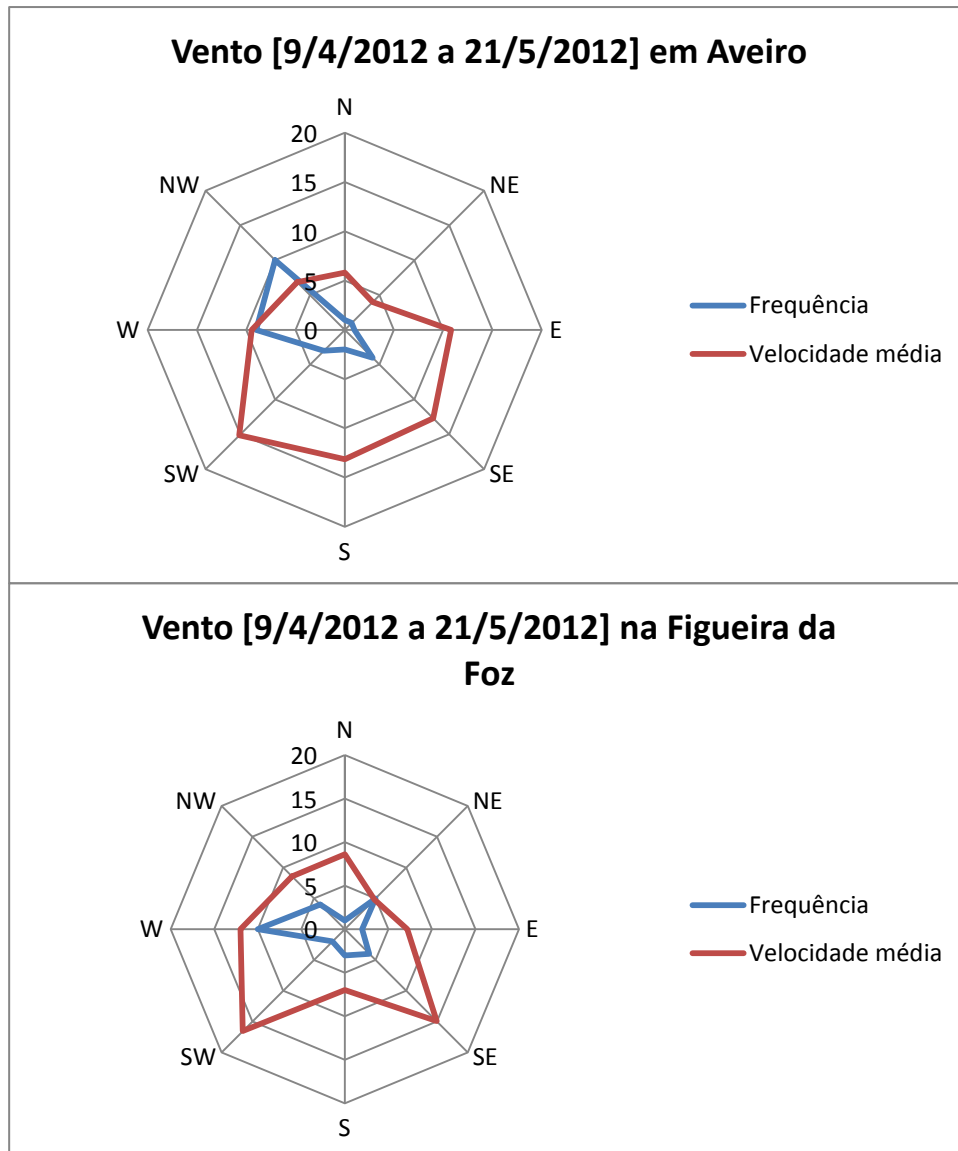


Figura III-20: Comparação do vento para a sétima campanha (dados de 9/4 a 21/5).

Nos dados recolhidos de 9 de abril a 21 de maio, para a localidade de Aveiro os rumos foram predominantes de SW (15,13 km/h) e de S (13,15 km/h) e para a Figueira da Foz foram de SW (16,55 km/h) e de SE (14,95 km/h). As frequências para a localidade de Aveiro foram maioritariamente de NW e de W. Na Figueira da Foz as frequências superiores foram de W.

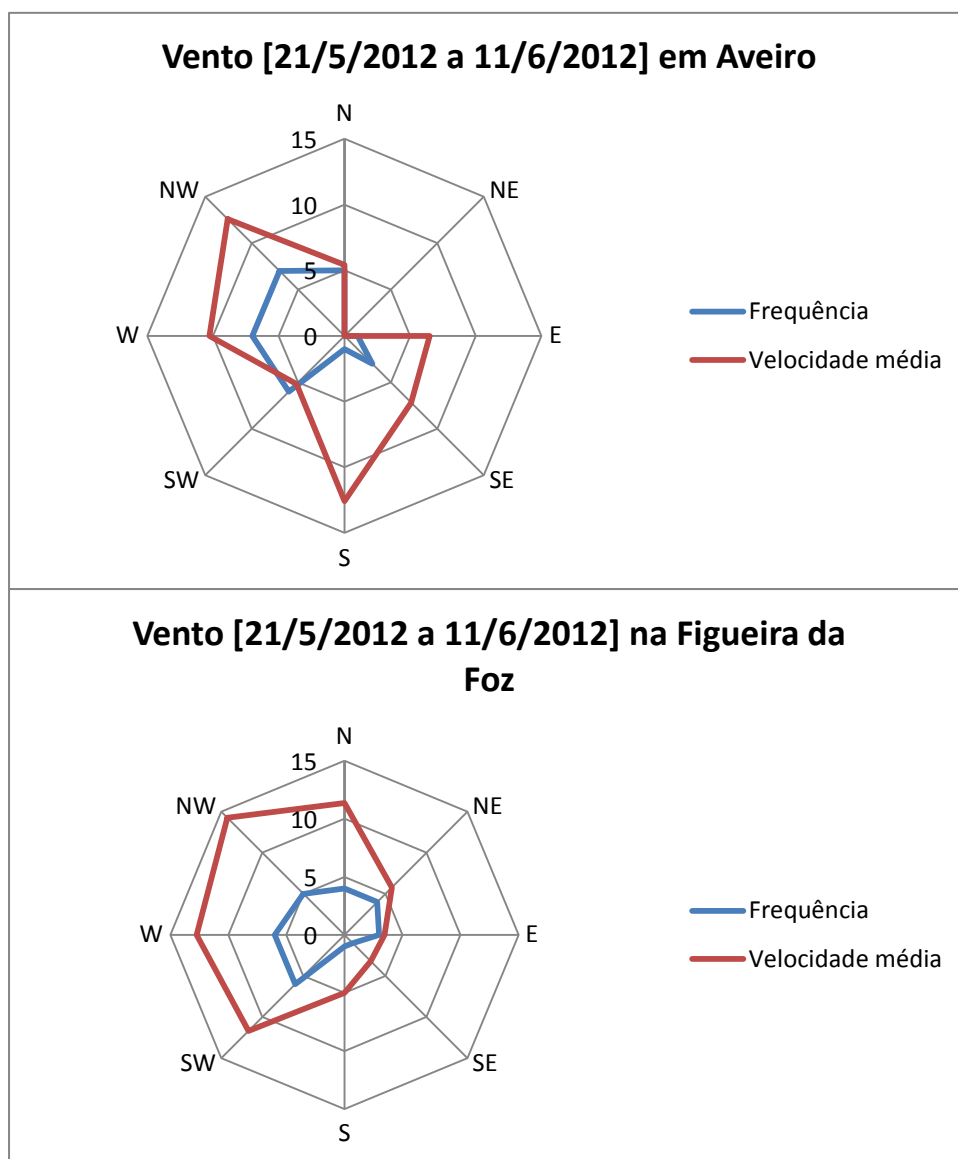


Figura III-21: Comparação do vento para a oitava campanha (dados de 21/5 a 11/6).

Nos dados recolhidos de 21 de maio a 11 de junho, para a localidade de Aveiro os rumos predominantes são de S (12,6 km/h) e de NW (12,56 km/h), enquanto na Figueira da Foz foram de NW (14,26 km/h), de W (12,43 km/h) e de SW (11,7 km/h). Quanto às frequências na localidade de Aveiro foram maioritariamente de W e NW sendo que na Figueira da Foz estas foram de W e SW.

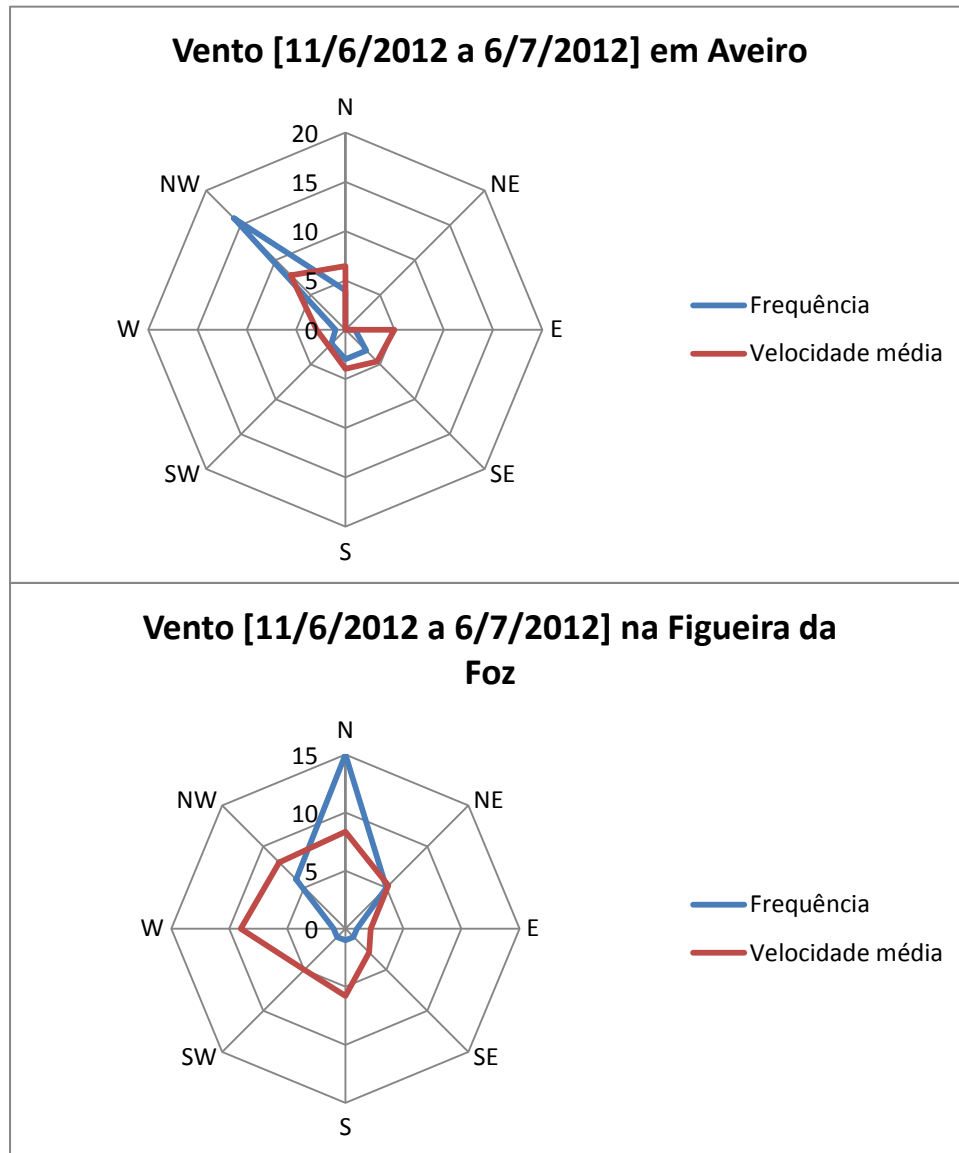


Figura III-22: Comparação do vento para a nona campanha (dados de 11/6 a 6/7).

Nos dados recolhidos de 11 de junho a 6 de julho, para a localidade de Aveiro os rumos predominantes foram de NW (7,82 km/h) e de N (6,45 km/h), enquanto na Figueira da Foz foram de N (8,36 km/h) e NW (8,05 km/h). Quanto às frequências na localidade de Aveiro foram maioritariamente de NW enquanto na Figueira da Foz estas foram de N.

3.5.2 - Agitação Marítima

A costa portuguesa está exposta às condições marítimas do Oceano Atlântico, sendo particularmente influenciada pelos temporais que ocorrem no Atlântico Norte e que originam uma ondulação predominante de Noroeste (NW). Esta costa está igualmente sujeita à ação do vento, que se faz sentir sobretudo com a direção Oeste – Este (W-E). O forte vento que ocorre em mar aberto é, de facto, o principal fator de intensificação da agitação marítima que, associado a um enorme *fetch* (área de ação do vento) possibilita a geração de ondas com alturas consideráveis. Estes fatores contribuem para que a costa ocidental portuguesa possua condições de agitação marítima particulares (Pereira, 2008).

Segundo Carvalho *et al.* (1966), as alturas significativas mais frequentes são de 1 m a 2 m. Como seria de esperar, dadas as diferentes características dos verões e invernos marítimos, os valores máximos mensais das alturas significativas apresentam uma variabilidade significativa sendo possível observar valores de 11 m em dezembro e janeiro e de 4 m em julho (Carvalho *et al.*, 1966). No que respeita ao período das ondas, os valores mais frequentes variam geralmente entre os 9 s e os 11 s. O valor mínimo observado é de 6 s e o máximo é de 18 s.

De um modo geral, segundo a página *online* oficial do Instituto Hidrográfico [3], a altura das ondas é superior a 1m em cerca de 95% do ano e superior a 4m cerca de 5% do ano. No verão marítimo a agitação é caracterizada por ondas com cerca de 1m a 1,5m de altura e com um período de cerca de 7s a 8s. A ondulação proveniente de SW não é frequente e, quando ocorre, não excede os 3m de altura.

No inverno marítimo a costa torna-se particularmente vulnerável devido aos regimes de ondulação de alta energia que se fazem sentir. A altura significativa mensal média neste período do ano encontra-se geralmente acima dos 2 m podendo exceder os 7 m durante grandes temporais. No inverno, alturas entre os 3 m e os 5 m constituem cerca de 20% das condições observadas (Costa *et al.*, 2001). A direção média associada ao período do pico predominante, com 71,2% das ocorrências é de NW seguida por 21% dos casos de W, 5,2% de N, 2,3% de SW e uns poucos significativos 0,2% de SE (Costa *et al.*, 2001). Como tal, será de esperar que a maioria da ondulação a atingir a costa seja do quadrante NW, durante este período.

A direção predominante da ondulação de NW induz uma importante corrente de deriva litoral no sentido Norte-Sul a qual toma um papel preponderante no transporte sedimentar ao longo da costa. O regime semidiurno mesomareal apresenta uma amplitude máxima de maré de

cerca de 3,2 m e mínima de 0,9 m. Flutuações extremas do nível da água induzidas por *storm surges* excedem facilmente os 40 cm (Rey *et al.*, 2006).

Uma correta caracterização da agitação marítima típica de uma determinada zona litoral está intimamente dependente da existência de um conjunto significativo de dados com boa cobertura temporal que permitem a identificação de eventos de curta duração como as ondas com períodos da ordem dos segundos, a caracterização de eventos de temporal que se podem estender de poucas horas a alguns dias, e que permitam a definição de estados médios de agitação, sendo necessário, para tal, um registo de vários anos (Coelho, 2005).

A tabela III-2 representa a média dos dados de agitação marítima recolhidos diariamente da página oficial do *windguru* ([2]) e da página oficial do Instituto Hidrográfico ([3]).

Tabela III-2: Dados de altura média e direção das ondas ([2];[3]).

Campanhas	Altura média		Direção mais frequente
	Figueira	Aveiro	
6 de novembro de 2011	2,00 m	2,00 m	NW, NNW
11 de dezembro de 2011	2,03 m	2,01 m	NW, NNW
9 de janeiro de 2012	2,02 m	2,00 m	NW, NNW
6 de fevereiro de 2012	2,00 m	1,98 m	WNW, NW
6 de março de 2012	1,98 m	1,95 m	WNW, NW
9 de abril de 2012	2,03 m	1,99 m	NNW, NW
21 de maio de 2012	2,03 m	2,01 m	NNW,WNW
11 de junho de 2012	2,12 m	1,98 m	WNW, NNW
6 de julho de 2012	2,07 m	2,03 m	WNW

Os dados recolhidos estão de acordo com o descrito por Coelho (2005) e Carvalho *et al.* (1966), pois as alturas mais frequentes são de 1m a 2m e provêm dos quadrantes de WNW e NNW.

Como já foi descrito anteriormente, este é um ano atípico. Contudo é um ano atípico em termos de intensidade do vento e na quantidade de pluviosidade pois os resultados nos meses em estudo foram abaixo da média, podendo assim, considerar-se um ano atípico quanto ao vento e pluviosidade. Contudo, quanto à ondulação manteve-se a média representativa do clima de agitação, tendo existindo um valor de altura mínimo de 0,41m (março) e um máximo de 3,47m (julho) para Aveiro e um valor de altura mínimo de 0,39m (abril) e um máximo de 3,67m (abril).

CAPÍTULO IV – Material e Metodologia

IV. Materiais e Metodologia

4.1 - Estrutura do Capítulo

Neste capítulo será feita uma descrição da metodologia e do material utilizado, sendo descrita a aquisição e tratamento de dados, incluindo os programas utilizados.

4.2 - Metodologia

Pretende-se adquirir dados morfológicos georreferenciados para detetar as irregularidades na duna frontal. A metodologia adotada inclui a aquisição de dados morfológicos, em campanhas de monitorização, relativos aos perfis transversais e longitudinais. É ainda utilizada informação relativa ao clima e vegetação para a realização de uma análise completa na quantificação e alteração da dinâmica da duna frontal. A metodologia usada nos levantamentos de campo é o *DGPS*. Quanto à metodologia de observação da vegetação dunar, esta foi efetuada ao longo das campanhas através da captação de fotografia e respetiva identificação das espécies (ver capítulo V – *Resultados*). Procura-se verificar se ocorre acreção ou erosão de sedimentos através da análise das variações da componente altimétrica dos perfis para assim se verificar qual o real impacte humano na erosão das praias.

4.2.1 - Revisão da literatura

Numa fase inicial é realizada a revisão bibliográfica, organizando uma revisão dos trabalhos anteriores, especificamente no conhecimento técnico e científico da dinâmica de dunas e processos envolvidos, assim como os princípios do *DGPS*.

Os processos físicos e ambientais que ocorrem em litorais arenosos podem ser analisados recorrendo às tecnologias de informação geográfica tomando como dados de base os que são adquiridos em campanhas de monitorização.

Com a evolução das tecnologias, também os métodos são ajustáveis e cada vez mais o erro associado é reduzido.

Na metodologia adotada neste estudo utiliza-se o *DGPS* cinemático (capítulo I – *Introdução* – 1.10 Técnicas e Metodologia).

4.2.2 - Quantificação da dinâmica das dunas

Para se realizar a quantificação da dinâmica das dunas foi necessário escolher zonas semelhantes nas três praias.

O trabalho de campo teve como objetivo quantificar a evolução dos perfis dunares na duna frontal nas praias de Mira, Palheirão e Quiaios, durante o período de novembro de 2011 a julho de 2012 (cap. I- *Introdução*- 1.3 Objetivos; 1.11 Enquadramento do Estudo).

4.2.2.1 - Designação dos perfis

Um perfil é considerado como a representação morfológica de um transepto efetuado ao longo de uma determinada zona. Foram estabelecidos oito perfis ao longo do cordão litoral no total das três praias estudadas. Nas praias de Mira e Quiaios foram definidos três perfis transversais e na praia do Palheirão foram definidos dois perfis transversais. Com a realização dos perfis transversais pretende-se avaliar as trocas sedimentares entre a duna e a praia

Conforme as características das praias, assim foram escolhidos os perfis. Como a Praia de Mira e Quiaios são mais semelhantes em termos de utilização humana, foram escolhidos três perfis transversais com diferentes acessos à praia, dois deles onde existem parques de estacionamento (com passadiços de acesso direto à praia tendo-se também tido em conta se existiam indícios de uma tendência de acreção e erosão). O outro perfil transversal (intermédio) é efetuado numa zona sem passadiço de acesso direto à praia (Mira - marginal) ou na zona onde existe um passadiço paralelo à linha de costa (Quiaios – atrás da piscina). Com estes perfis é possível ter uma perspetiva da duna frontal e da praia na sua totalidade. Todos os perfis transversais são efetuados aproximadamente de Este para Oeste até à zona de ressaca da onda (ver as figuras V-1, V-23, V-38 do capítulo V – *Resultados*).

A Praia do Palheirão foi escolhida como caso de controlo, por ser uma praia de menor utilização (devido aos seus fracos acessos e por ser pouco conhecida), por não apresentar grandes discrepâncias, tanto de erosão como de acreção, (podendo assim ser caracterizada como uma praia em bom estado) e por se situar entre a Praia de Mira e a Praia de Quiaios. Nesta foram efetuados dois perfis transversais.

O levantamento *DGPS* cinemático foi realizado na zona dos passadiços, especificamente do lado direito dos mesmos. O mesmo não sucedeu na praia de Quiaios devido às construções existentes no local (restaurante) tendo-se nessa praia optado por efetuar do lado esquerdo dos

passadiços. Também em Quiaios (como no Palheirão e em Mira) realizou-se um perfil (perfil intermédio), numa zona sem passadiço transversal.

4.2.2.2 - Calendário das Campanhas

Na tabela IV-1 é apresentado o calendário das campanhas, incluindo a altura de maré e vento, aquando da campanha, com base nos dados dos portos de Aveiro e Figueira da Foz. As datas das campanhas foram escolhidas com base nas condições de maré (sempre que possível em baixa-mar de maré viva), de modo a permitir o prolongamento dos perfis para a zona da baixa praia (face da praia e terraço de maré). Todavia, a disponibilidade dos equipamentos condicionou as datas em algumas campanhas, nomeadamente em abril, junho e julho, as quais foram realizadas em condições de preia-mar.

A primeira campanha (30-10-2011) não foi realizada em condições climatéricas ideais, pois na data inicial da campanha ocorreu um temporal que impediu a realização das medições e uma nova campanha foi realizada uma semana depois (6 de novembro) da data inicialmente prevista.

Tabela IV-1: Calendário das campanhas, incluindo a altura de maré e vento, durante a realização das mesmas, com base nos dados dos portos de referência utilizados: Aveiro e Figueira da Foz (*m-média, **h-hora da maré baixa ou maré alta prevista) [1],[3].

Campanhas	Datas dos levantamentos	Período da monitorização	Maré (m)		Vento			
					Figueira da Foz		Aveiro	
			Figueira da Foz	Aveiro	km/h	rumo	km/h	rumo
1ª	6 de novembro de 2011	8h30 -12h00 Baixa-mar	2,92-1,07 *m=2,00 **h=05:47min	2,87-1,13 *m=2,00 **h=05:51min	5.4	E	3.6	NE
2ª	11 de dezembro de 2011	8h30 -12h00 Baixa-mar	3,25-0,81 *m=2,03 **h=09:08min	3,14-0,87 *m=2,01 **h=09:14min	7.7	W	2.9	S
3ª	9 de janeiro de 2012	8h30 -12h00 Baixa-mar	3,32-0,72 *m=2,02 **h=08:53min	3,21-0,78 *m=2,00 **h=08:59min	7.6	NE	6.5	NW
4ª	6 de fevereiro de 2012	8h30 -12h00 Baixa-mar	3,18-0,81 *m=2,00 **h=07:57min	3,09-0,86 *m=1,98 **h=08:03min	16.9	NW	27.7	NW
5ª	6 de março de 2012	9h00 -12h30 Baixa-mar	3,20-0,75 *m=1,98 **h=07:28min	3,48-0,41 *m=1,95 **h=07:34min	16.9	NW	21.2	NW
6ª	9 de abril de 2012	8h30-12h00 Preia-mar/Baixa - mar	3,67-0,39 *m=2,03 **h=05:22min/ 11:22min	3,51-0,47 *m=1,99 **h=05:42min 11:27min	2.9	SW	2.2	W
7ª	21 de maio de 2012	8h30-12h00 Baixa-mar	3,24-0,82 *m=2,03 **h=09:51min	3,14-0,88 *m=2,01 **h=09:55min	14.4	W	13.3	W
8ª	11 de junho de 2012	7h30-11h00 Preia-mar	3,13-1,10 *m=2,12 **h=09:18min	2,82-1,13 *m=1,98 **h=09:35min	16.9	NW	21.6	NW
9ª	6 de julho de 2012	7h30-11h00 Preia-mar	3,61-0,53 *m=2,07 **h=05:29min	3,47-0,59 *m=2,03 **h=05:47min	13	NW	13.3	NW

4.2.2.3 – Metodologia de Aquisição

Utiliza-se um sistema DGPS de antena-simples (Trimble 5700). A figura IV-1 apresenta a metodologia utilizada, com os seguintes componentes; duas baterias (A), dois recetores (B), duas antenas GPS (C) e um tripé (D), cabos de ligação entre o recetor e a antena GPS.



Figura IV-1: Sistema DGPS utilizado nas campanhas. a) Estação Fixa; b) Estação móvel.

O sistema é composto por uma estação de referência (de coordenadas conhecidas) e outra na estação móvel. Foi escolhido em cada praia um ponto de referência existente e não passível de variar ao longo do ano. Nesse ponto de referência é montada a estação de referência ou de base. A antena é montada sobre a base nivelante com adaptador para antena GPS sendo registada a altura. O material da estação móvel é transportado pela operadora ao longo dos perfis em estudo. Para descrever/ medir os perfis utiliza-se o *DGPS* cinemático. A antena móvel (fig. IV-1 b) é transportada na vertical de forma a manter-se uma altura constante desde a superfície do perfil dunar (base da roda) até à antena GPS, acompanhando as variações topográficas do solo.



Figura IV-2: Localização da estação de referência na praia de Mira.



Figura IV-3: Localização da estação de referência na praia do Palheiro.



Figura IV-4: Localização da estação de referência na praia de Quiaios.

4.2.2.4 - Tratamento de dados dos perfis dunares

Os ficheiros de dados GPS da estação de referência e móvel, adquiridos nos levantamentos de campo, são transferidos para o programa Trimble Total Control™ (Trimble Navigation, Ltd) no final de cada campanha onde são posteriormente processados.

O processamento dos dados neste programa recorre a algoritmos de fixação da ambiguidade de fase, sendo utilizadas órbitas precisas dos satélites apenas disponíveis após o

levantamento. Após o processamento GPS os dados são tratados com recurso a rotinas para Matlab 7.1.® (The Mathworks, Inc) - análise dos ficheiros através da subrotina GPSclean (Cunha, 2002 in Baptista, 2006) e pela rotina Spacepos para a filtragem das posições (Cunha, 2002 in Baptista, 2006). Estas rotinas são utilizadas para eliminação de manchas de posições quando, por exemplo ocorrem paragens do operador ao longo do trajeto (Spacepos). Uma vez que o processamento GPS adota um *datum* geodésico global, o WGS84 (World Geodetic System, 1984), as coordenadas neste *datum*, que podem ser determinadas sob a forma geodésica (Lat., Long., h) ou cartesiana (X,Y,Z) são posteriormente convertidas para coordenadas planimétricas em *datum* 73 utilizando o programa FWTools®. As coordenadas altimétricas elipsoidais são convertidas para coordenadas ortométricas (referidas ao nível médio das águas do mar (NMAM)). No caso das praias de Mira e Palheirão foi efetuado um ajuste ao NMAM através do levantamento de várias marcas de nivelamento situadas nas imediações dessas praias. No caso da praia de Quiaios devido à ausência de marcas de nivelamento utilizou-se um valor representativo da tendência da ondulação do geóide para o local, com base nos valores obtidos nas outras praias e ainda com base na superfície média de ondulação do geóide para Portugal.

4.2.2.6. Análise de erros na medição de perfis

Como já foi referido, existem diversos erros associados à metodologia de monitorização adotada desde os erros instrumentais aos metodológicos.

Nas secções seguintes são apresentadas as análises das fontes de erro e a sua quantificação.

4.2.2.7 Incerteza e erro associado à definição do trajeto do perfil no plano horizontal

Em relação ao trajeto dos perfis, existe uma incerteza quanto ao percurso exato percorrido em todas as campanhas. Esta incerteza traduz-se num erro no trajeto que está assim associado às diferentes campanhas, pois devido a diferenças no desempenho da operadora, obstáculos e outros fatores, o trajeto entre duas campanhas não é precisamente o mesmo (ver apêndice A).

4.2.2.8. Erros das medições no plano vertical

Em relação à cota do perfil, existem três fontes de erro: (1) precisão do DGPS ($\pm 0,05$ m (Baptista, 2006)); (2) erro relativo à variação de inclinação do bastão que transporta a antena cinemática. O objetivo durante a campanha é que o sistema móvel tenha uma inclinação de 90° com a superfície de contacto ao terreno. Contudo, assume-se uma incerteza de $\pm 0,006$ m em altimetria como resultado de uma variabilidade angular de $\pm 5^\circ$ na inclinação do bastão relativamente à vertical em cada instante (Baptista, 2006); (3) erro associado ao enterramento da roda de suporte ao bastão que transporta a antena GPS cinemática o qual é estimado em $\pm 0,03$ m (Baptista, 2006).

Para o cálculo do intervalo de erro, na componente altimétrica, em cada ponto do perfil é necessário somar as três incertezas. Para tal, assume-se que: 1) as três fontes de erro são independentes, logo não correlacionadas e a sua covariância é zero; 2) como são indicados os valores máximos de erro, é possível interpretar esses valores como um limite de incerteza a 99%; e 3) cada incerteza tem uma distribuição normal (gaussiana).

Estes três pressupostos permitem calcular um limite do erro a 99% de confiança, com base nos três valores. Como estes são independentes e a sua covariância é zero, então o limite de incerteza a 99% de confiança γ é dado por: $\pm \sqrt{0,05^2 + 0,006^2 + 0,03^2}$ m = 0,0586 m. Este valor representa o intervalo de erro de $\pm 0,0586$.

Para o cálculo da diferença da cota de um perfil entre duas campanhas, é igualmente assumido que os erros em cada campanha são independentes. Para a análise da diferença de duas em duas campanhas, a incerteza associada é o resultado da combinação dos dois erros associados, e a 99% de confiança é dado por $\varphi = \pm \sqrt{\gamma^2 + \gamma^2} = \pm \sqrt{0,05^2 + 0,006^2 + 0,03^2 + 0,05^2 + 0,006^2 + 0,03^2}$ onde se obtém o valor de $\pm 0,0829$ m.

4.2.2.9. Erro/impacte devido a condições externas

Os ventos mais fortes ocorreram nos períodos de influência das duas primeiras campanhas (novembro e dezembro) e entre a quinta e sexta campanha (março-abril e abril-maio).

A campanha do mês de novembro é considerada como campanha exploratória, sendo analisada, mas não sendo considerada para a análise final do objetivo de estudo. Também a

campanha efetuada em maio, especificamente no perfil Sul na praia do Palheirão não se encontra representada pela existência de poucos dados. É de referir ainda as condicionantes apresentadas no terreno como o aparecimento de objetos, tais como, utensílios de pesca (redes espalhadas pela praia, covos) (fig. III-7), pedaços de madeira e uma tampa de uma dorna de gelo, que levaram a pequenos desvios do trajeto delineado. De uma forma mais específica o perfil Intermédio na praia de Mira, na última campanha (julho), teve que se efetuar um desvio para Sul porque a praia encontrava-se repleta de pessoas, inclusivamente no ponto de início do perfil encontrava-se um grupo de crianças, e a meio da praia as barracas montadas para alugar. Na praia do Palheirão, especificamente no perfil Sul, apesar de uma parte do passadiço longitudinal estar derrubado, era possível transpô-lo sem ter que levantar o material e como nessa zona os sedimentos já se encontram amontoados, considerou-se relevante para o objetivo de estudo a análise a variação da cota média. No perfil Norte como se elevou o material, os valores de cota máxima são analisados nos resultados, mas não são considerados para a análise do objetivo do estudo, mas sim, a variação da cota média. Na praia de Quiaios, os três perfis (Sul, intermédio e Norte) intercetam o passadiço longitudinal, contudo no perfil intermédio essa interceção é antes da crista da duna enquanto nos outros é na zona da crista, sendo que para esses, utiliza-se para a análise do objetivo de estudo a variação da cota média.

4.2.3 - Quantificação do clima

A metodologia da quantificação do clima é efetuada pela análise dos dados de vento, pluviosidade e agitação marítima recolhidos diariamente e analisados no capítulo III – *Área de Estudo* (3.4. Clima e Agitação Marítima). Esta análise é efetuada através do auxílio das rosas anemoscópicas, as quais traduzem a velocidade média dos ventos e a frequência com que ocorrem, nos períodos entre as campanhas. Com estes dados e em conjunto com os dados de pluviosidade (representados graficamente) pode-se verificar se ocorreu mobilização ou não de sedimentos, considerando as velocidades mínimas de transporte dos sedimentos em cada uma das condições – sedimentos secos e sedimentos húmidos. Considera-se ainda os dados de agitação marítima e faz-se a análise da erosão/acreção na zona da baixa praia.

4.2.4 - Estudo/levantamento das espécies vegetais

A metodologia utilizada para o levantamento das espécies vegetais mais abundantes e características da zona em estudo foi realizado através da captação das mesmas por fotografia e através da análise da flora de Portugal. Esta análise é descrita no capítulo V – *Resultados*, onde é realizada a comparação das espécies de praia em praia, e qual a sua influencia na degradação/bom estado das praias. Também é efetuada a análise da maior/menor quantidade da espécie na praia.

CAPÍTULO V – Resultados

V. Resultados

5.1 – Estrutura do capítulo

Neste capítulo são analisados os resultados finais dos levantamentos de campo no que diz respeito aos perfis realizados durante as campanhas, assim como da vegetação característica de cada uma das três praias, através da observação das espécies mais abundantes.

5.2 - Comparação dos perfis

Nas figuras V-2 a V-59 visualizam-se os gráficos que representam a variação da cota da duna, assim como a localização dos perfis, variações da trajetória, médias e cotas máximas. A dimensão dos perfis varia de praia para praia e de perfil para perfil, devido às características físicas de cada uma das praias. Os perfis são comparados de duas em duas campanhas. Compara-se a primeira campanha com a segunda, sobrepondo os resultados de ambas e, seguidamente, os resultados da segunda campanha com os da terceira e assim sucessivamente. São comparadas as maiores variações de cota na diferença de duas em duas campanhas, ou seja, aos valores de cota de novembro subtraem-se os valores de cota de dezembro e assim sucessivamente. Por fim analisa-se a evolução das cotas médias e máximas (na zona da crista da duna) registadas nos perfis ao longo de todas as campanhas. Apesar de se efetuar esta última análise é necessário relembrar (capítulo V- *Material e Metodologia*- 4.2.2.9- Erro/Impacte devido a condições externas) que a cota máxima nas praias do Palheirão e Quiaios, não é real (exceto perfil intermédio de Quiaios – cálculos da cota máxima efetuados após os 34m de distância à origem; perfil Sul de Quiaios- como a transposição do passadiço é efetuada após a crista não interfere com o valor de cota máxima da crista da duna. Na praia do Palheirão, como o perfil Sul interceta o passadiço longitudinal (mas nesta zona este último encontra-se destruído) não ocorre transposição do material móvel² por cima de tábuas do passadiço, pois se estas existem estão totalmente cobertas de areia. Logo, apesar de neste capítulo serem analisadas as cotas máximas registadas, na discussão de resultados, quando se efetua a análise da frente dunar utiliza-se a cota

² Quando surge o obstáculo (passadiço paralelo à linha de costa) é obrigatoriamente necessário transpor, por cima das tábuas verticais do passadiço, o GPS móvel para efetuar a transposição do obstáculo e seguir com a realização do perfil.

máxima (em casos de transposição de passadiço utiliza-se a cota máxima atingida em todo o percurso efetuado) para verificar a sua evolução de dezembro a julho. De salientar que a campanha efetuada em novembro é considerada como campanha exploratória. De referir que os resultados comparam perfis em que as distâncias medidas e indicadas são sempre referidas à origem dos eixos coordenados dos gráficos das figuras.

5.2.1 - Praia de Mira

Na praia de Mira foram realizados três perfis transversais como a figura V-1 ilustra.



Figura V-1: Localização dos perfis na praia de Mira ([4]) a) perfil transversal Sul; b) perfil transversal intermédio; c) perfil transversal a Norte.

5.2.1.1- Praia de Mira – Perfil Sul

Apresentam-se os resultados obtidos no Perfil Transversal Sul na praia de Mira - figuras V-2 a V-8.

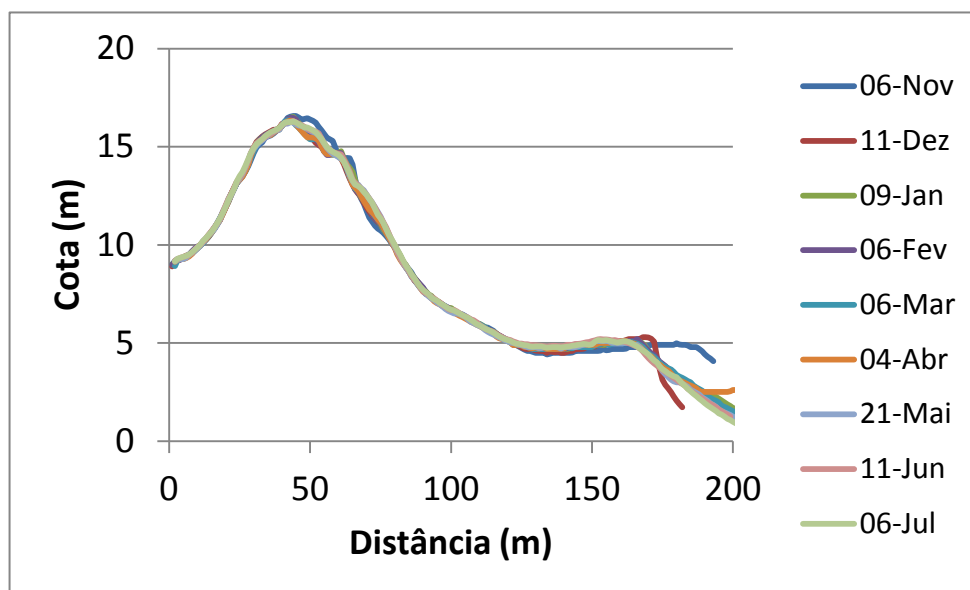


Figura V-2: Perfis transversais Sul na praia de Mira 1ª à 9ª campanha.

Da análise de todas as campanhas é visível que as alterações são mais acentuadas a partir dos 122m de distância pois o declive das bermas é diferente de campanha em campanha, devido à influência das condições de agitação marítima. Contudo, ocorrem discrepâncias significativas na zona da crista da duna e na frente da duna. A cota máxima da crista da duna oscila dos 16,27m aos 16,58m.

A figura V-3 representa a trajetória efetuada no plano, onde se visualizam as discrepâncias na direção da trajetória, que influencia algumas das discrepâncias detectadas nos perfis.

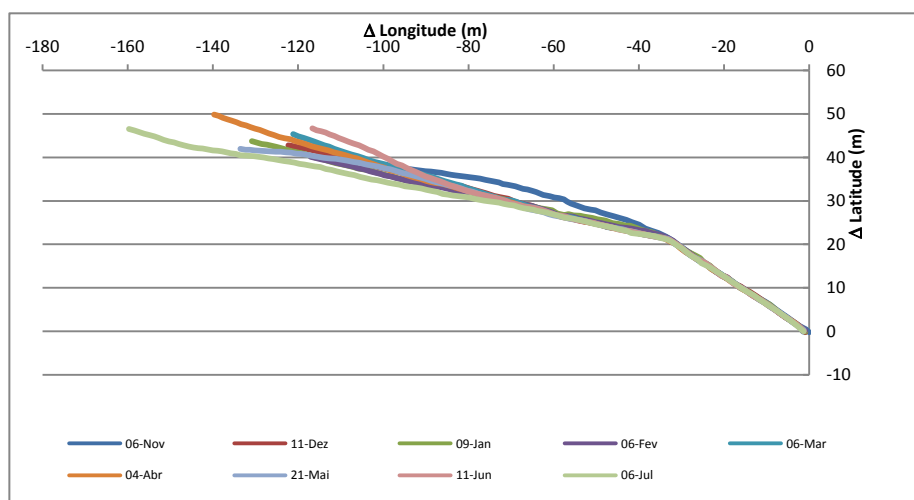


Figura V-3: Trajetória no plano

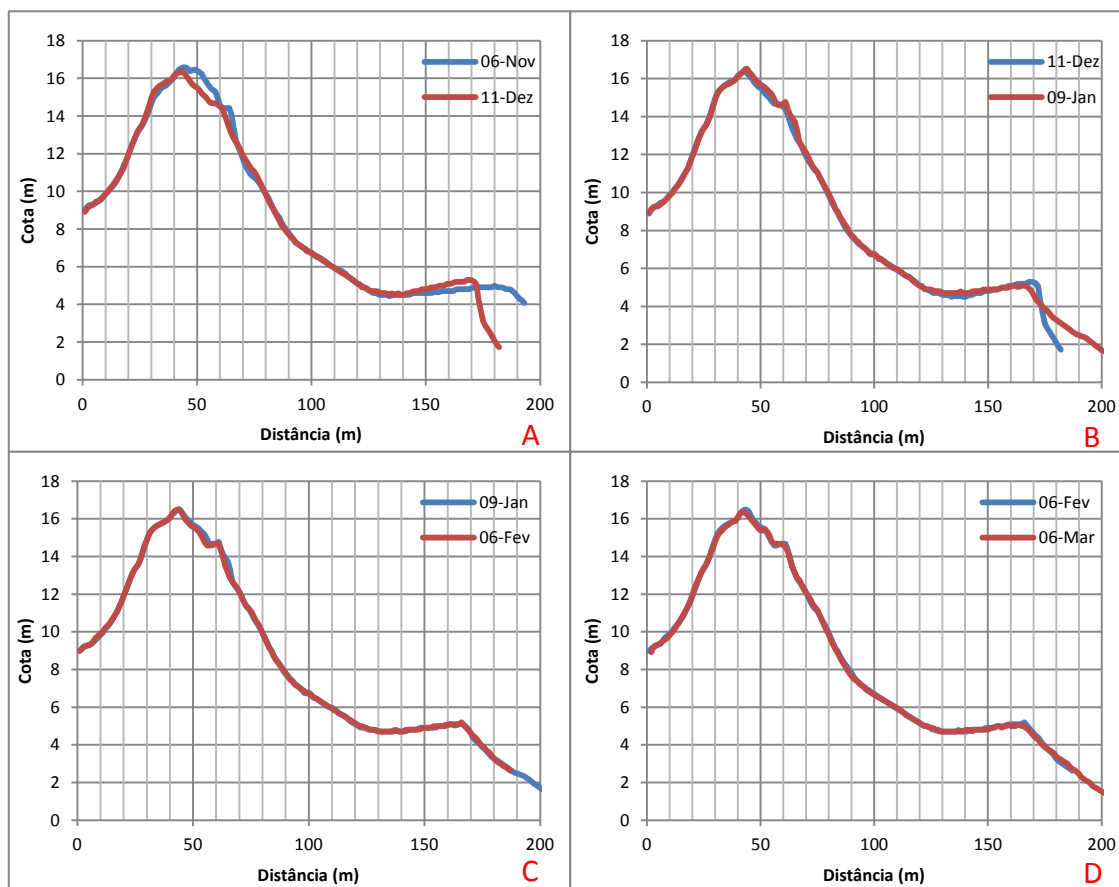


Figura V-4: Perfis Transversais Sul na praia de Mira – A) 1ª e 2ª campanhas; B) 2ª e 3ª campanhas; C) 3ª e 4ª campanhas e D) 4ª e 5ª campanhas.

Figura V-4A - Verifica-se que na zona da crista da duna ocorre um decréscimo sedimentar em dezembro, verificando-se igualmente uma alteração, em cota, bem pronunciada a partir dos 144m de distância (berma com 5,3m de cota). A duna atinge a cota máxima de crista de 16,58m em novembro e de 16,36m em dezembro.

Figura V-4B - Em janeiro a duna recuperou, aumentando a sua quantidade de partículas arenosas a Oeste da crista da duna. A berma expande-se evidenciando um declive menos acentuado relativamente a dezembro. A cota máxima da crista da duna é de 16,52m, em janeiro, aumentando relativamente a dezembro.

Figura V-4C - Em fevereiro a duna adquire uma forma semelhante à de janeiro. Em fevereiro a cota máxima da crista é de 16,48m.

Figura V-4D - Em março, relativamente a fevereiro, a Oeste da crista da duna ocorre um decréscimo da quantidade de sedimentos. A berma não apresenta alterações significativas em ambas as campanhas. A cota máxima da crista da duna, em março, é de 16,36m.

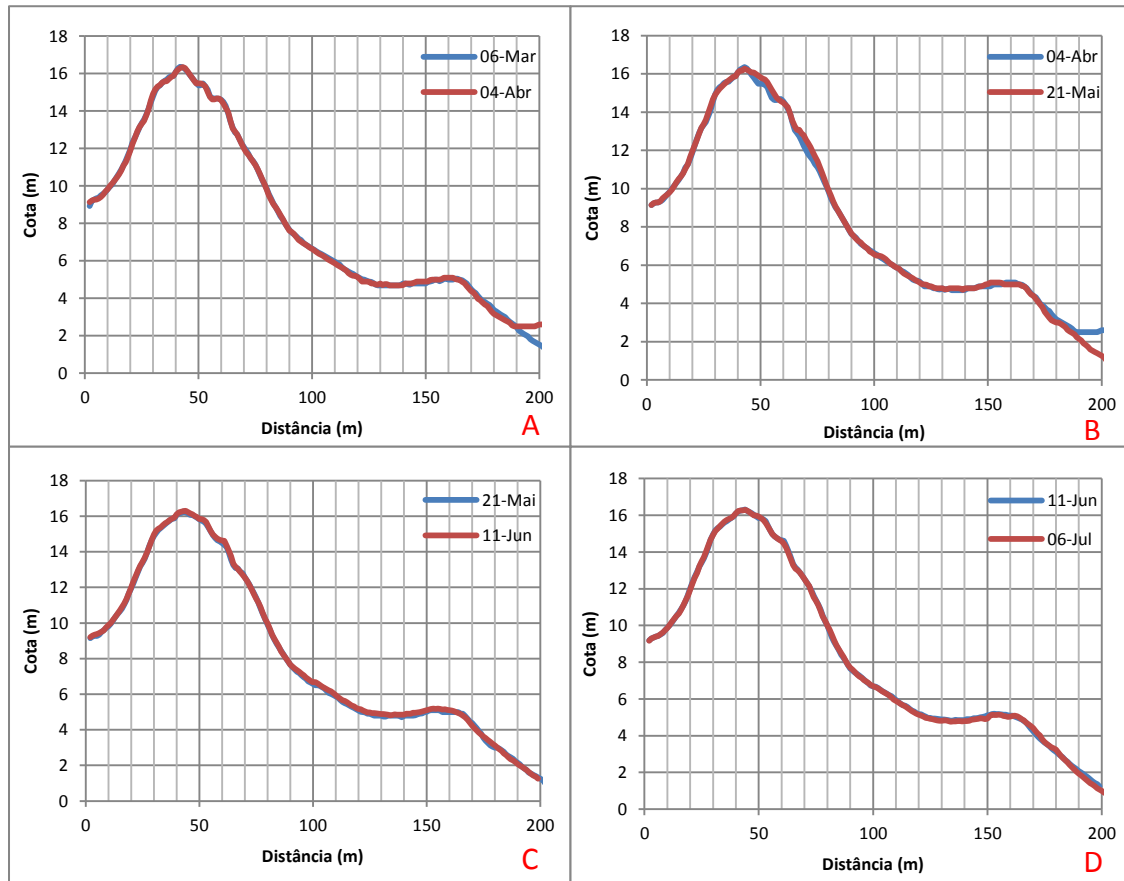


Figura V-5: Perfis Transversais Sul na praia de Mira – A) 5ª e 6ª campanhas; B) 6ª e 7ª campanhas; C) 7ª e 8ª campanhas e D) 8ª e 9ª campanhas.

Figura V-5A - Em abril, a cota máxima da crista da duna é de 16,35m. A principal diferença a registar, entre as duas campanhas, ocorre a partir dos 175m de distância, onde se visualizam declives pouco acentuados.

Figura V-5B - Em maio, visualiza-se uma maior quantidade de sedimentos a Oeste da crista da duna. Tal como nas campanhas anteriores, a partir dos 163m de distância o declive das bermas é pouco acentuado. A cota máxima da crista da duna é de 16,27 m em maio.

Figura V-5C - Em junho, a cota máxima da crista da duna é de 16,31m. As diferenças surgem aos 59m de distância e dos 93m aos 161m de distância (aumento de sedimentos em junho).

Figura V-5D - Na comparação de ambas as campanhas não se observam alterações significativas. A cota máxima da duna, em julho, é de 16,30m.

A figura V-6 representa a variação da componente altimétrica (cotas dos perfis) considerando nessa análise as subtrações entre os valores de cota obtidos de duas em duas campanhas.

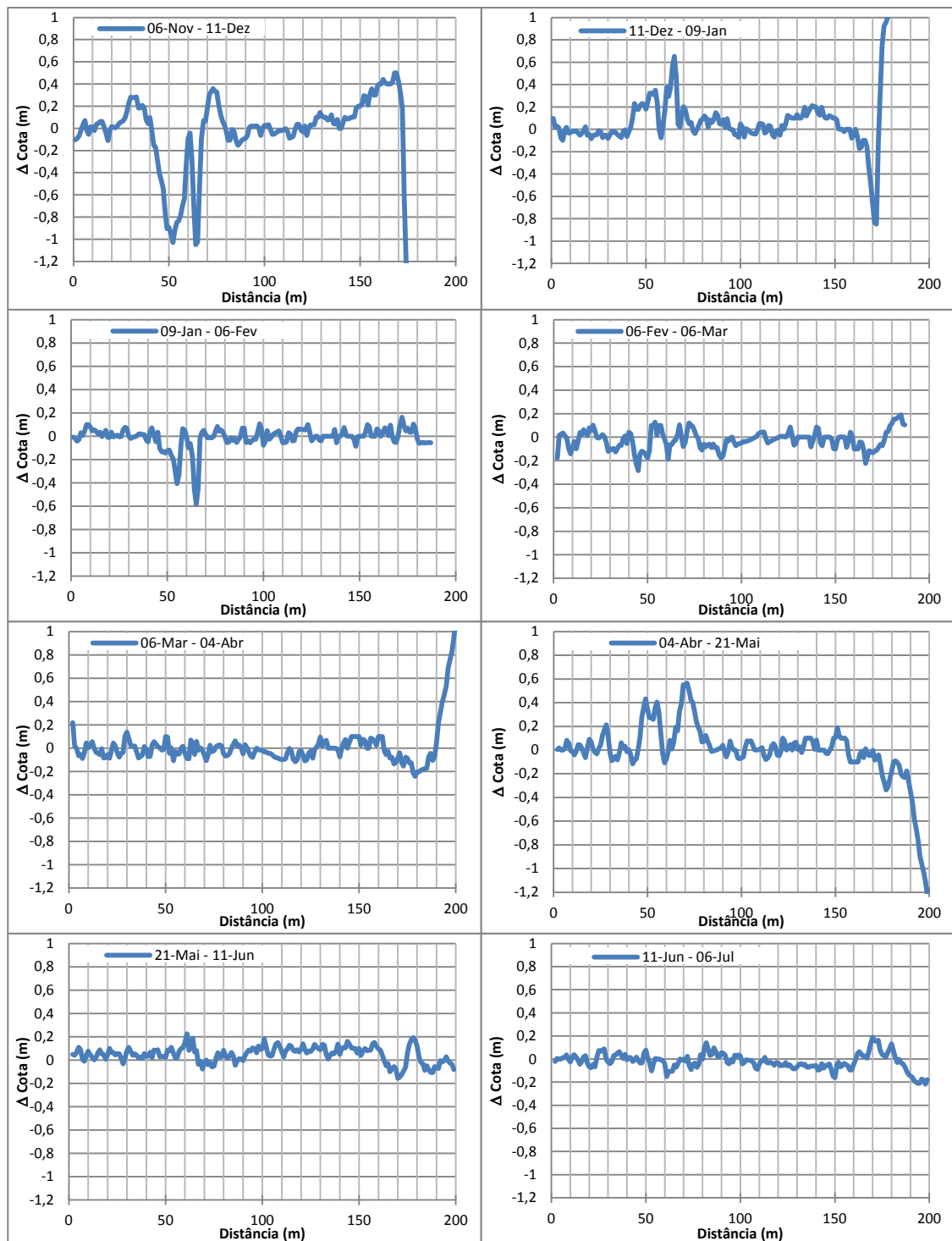


Figura V-6: Diferença de cotas no perfil Sul na praia de Mira.

Pela análise da figura V-6, as maiores alterações ocorrem aos 50m de distância e na praia propriamente dita, as quais estão relacionadas com o colapso das dunas provocado pelo espraio das ondas/erosão (após os 150m de distância). Ignorando a campanha de novembro (campanha

exploratória), as diferenças de dezembro-janeiro (0,65m) e as de abril-maio (0,55m) são as mais significativas, na zona frontal da duna. Na zona baixa da praia, e por esta ser bastante dinâmica, as diferenças atingem 1m (dezembro-janeiro; março-abril e abril-maio), devido às condições de agitação marítima.

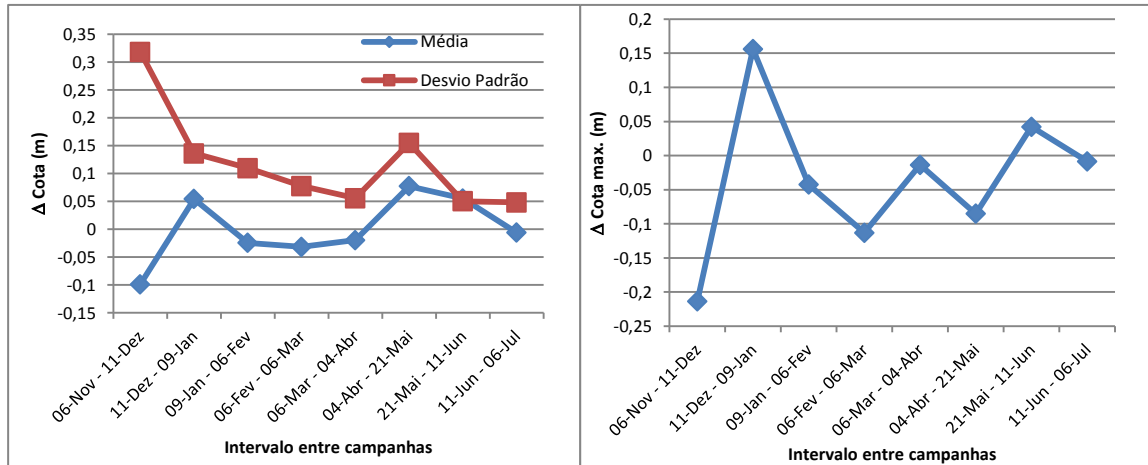


Figura V-7: Média e desvio padrão da diferença em relação com a variação da cota máxima da duna do Perfil Sul na praia de Mira.

Da análise da figura V-7 verifica-se que no perfil Sul na praia de Mira ocorre um aumento na cota média de sedimentos na praia. Em comparação com o gráfico da variação da cota máxima da duna é visível o seu aumento de novembro-dezembro para dezembro-janeiro, assim como de fevereiro-março para março-abril e abril-maio para maio-junho. Da análise da variação da cota máxima ocorre um aumento na zona da duna (aproximadamente 0,21m).

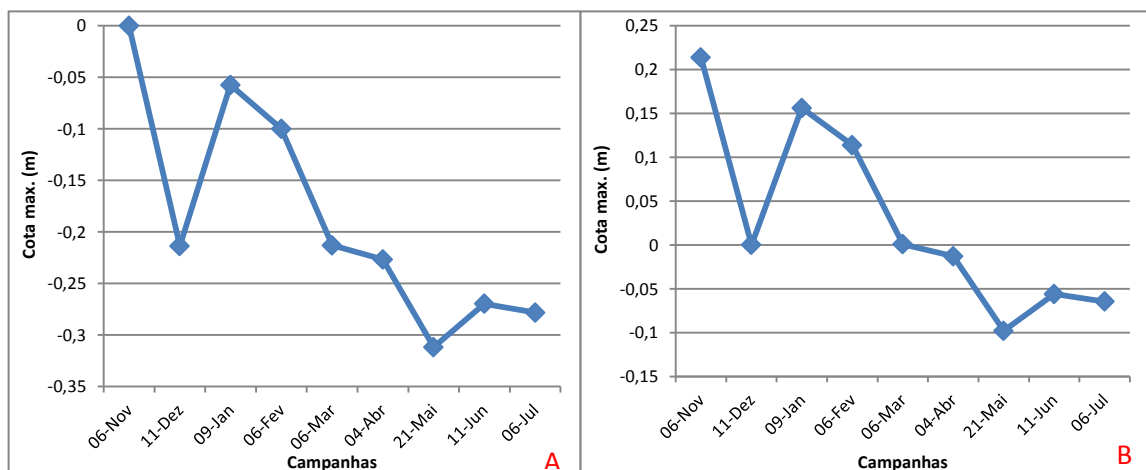


Figura V-8: Evolução da cota máxima na duna do perfil Sul na praia de Mira. A- Referência novembro; B- Referência dezembro.

Da análise da figura V-8 verifica-se que quando se considera como referência a campanha exploratória experimental como quando se considera a campanha de dezembro como referência,

a cota máxima da duna diminui, respetivamente 0,27m e 0,06m. Pode-se concluir que apesar da variação da cota máxima aumentar, na realidade a cota máxima da duna diminui ligeiramente.

5.2.1.2- Praia de Mira – Perfil Intermédio

De seguida apresentam-se os resultados relativos ao Perfil Intermédio na Praia de Mira - figuras V-9 a V-15.

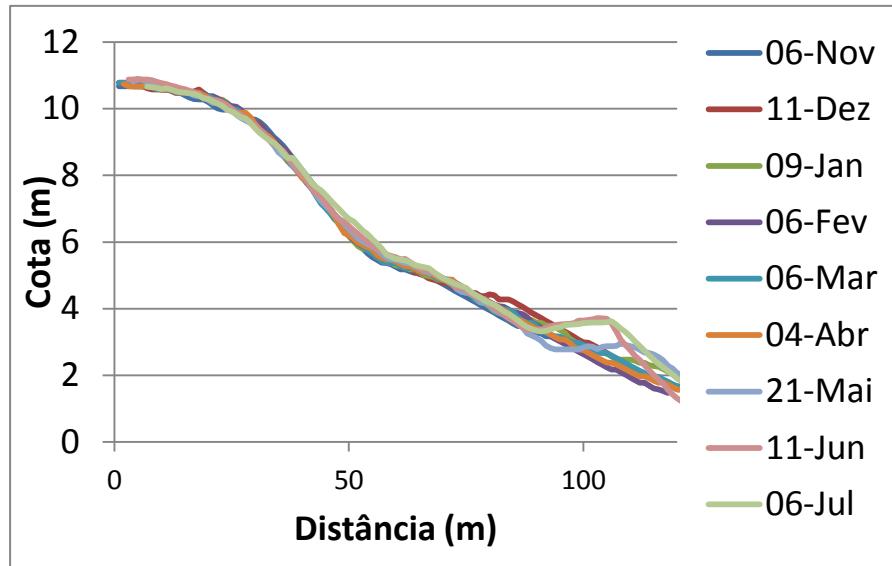


Figura V-9: Perfis transversais na zona intermédia na praia de Mira 1ª à 9ª campanha.

Da análise de todos os perfis é visível que as alterações são mais acentuadas a partir dos 90 m de distância (variabilidade das cotas e declives da berma ao longo do período em estudo devido à agitação marítima). Observam-se alterações no início dos perfis, a cota da crista da duna oscila de 10,68 m a 10,89 m.

A figura V-10 representa a trajetória efetuada no plano, onde se visualizam as discrepâncias na direção da trajetória, que influencia algumas das discrepâncias detectadas nos perfis.

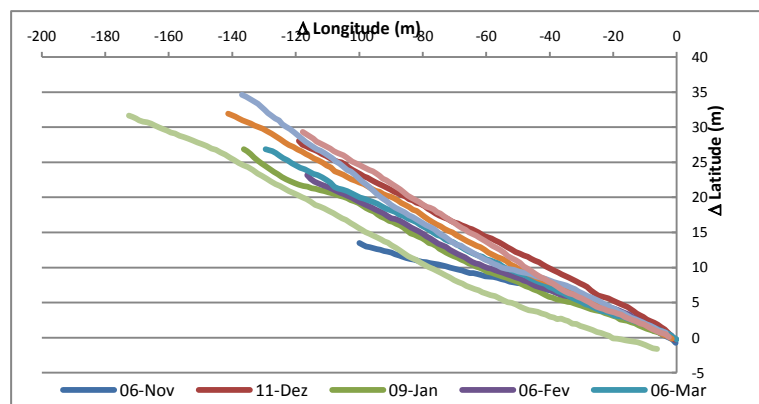


Figura V-10: Trajetória no plano.

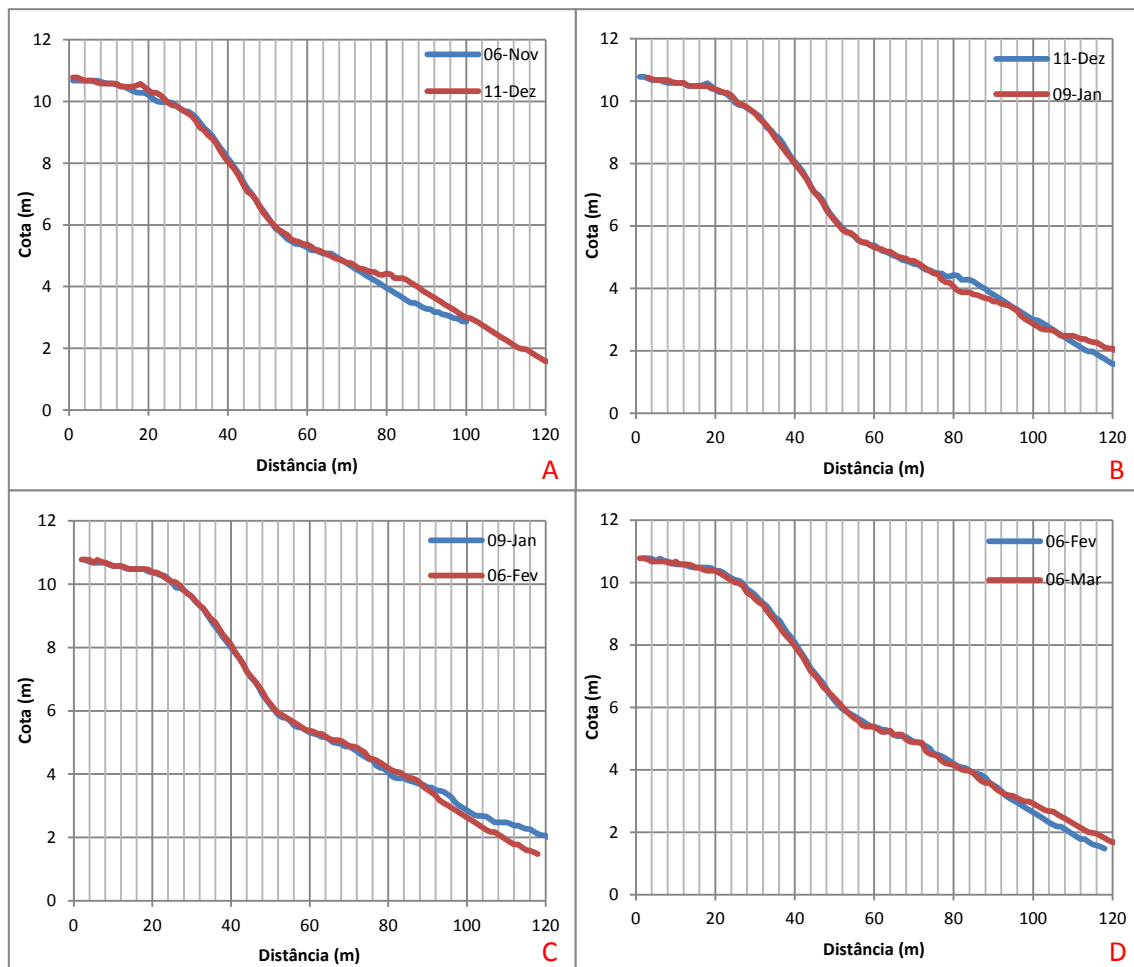


Figura V-11: Perfil transversal intermédio na praia de Mira – A) 1ª e 2ª campanhas; B) 2ª e 3ª campanhas; C) 3ª e 4ª campanhas e D) 4ª e 5ª campanhas.

Figura V-11A - Os perfis não apresentam alterações significativas, com exceção do aumento sedimentar entre as distâncias dos 14m aos 24m e a partir dos 70m no perfil realizado em dezembro. A cota máxima da crista da duna é de 10,68m em novembro e 10,78m em dezembro.

Figura V-11B - Comparando dezembro com janeiro, este último, apresenta uma cota máxima da crista da duna de 10,75m. No gráfico observam-se alterações nos 76m de distância (diminuição de sedimentos no perfil de janeiro) e a partir dos 108 m de distância (aumento de sedimentos no perfil de janeiro).

Figura V-11C - Os perfis são coincidentes, exceto a partir dos 65m de distância, onde a quantidade de sedimentos é superior no perfil de fevereiro até aos 89m de distância, diminuindo após esta. A cota máxima registada em fevereiro é de 10,78m.

Figura V-11D - Nestes perfis ocorrem pequenas oscilações de sedimentos, mais evidente a partir dos 93m de distância (aumento de sedimentos em março). A cota máxima da crista da duna é igual em ambos os perfis (10,78m).

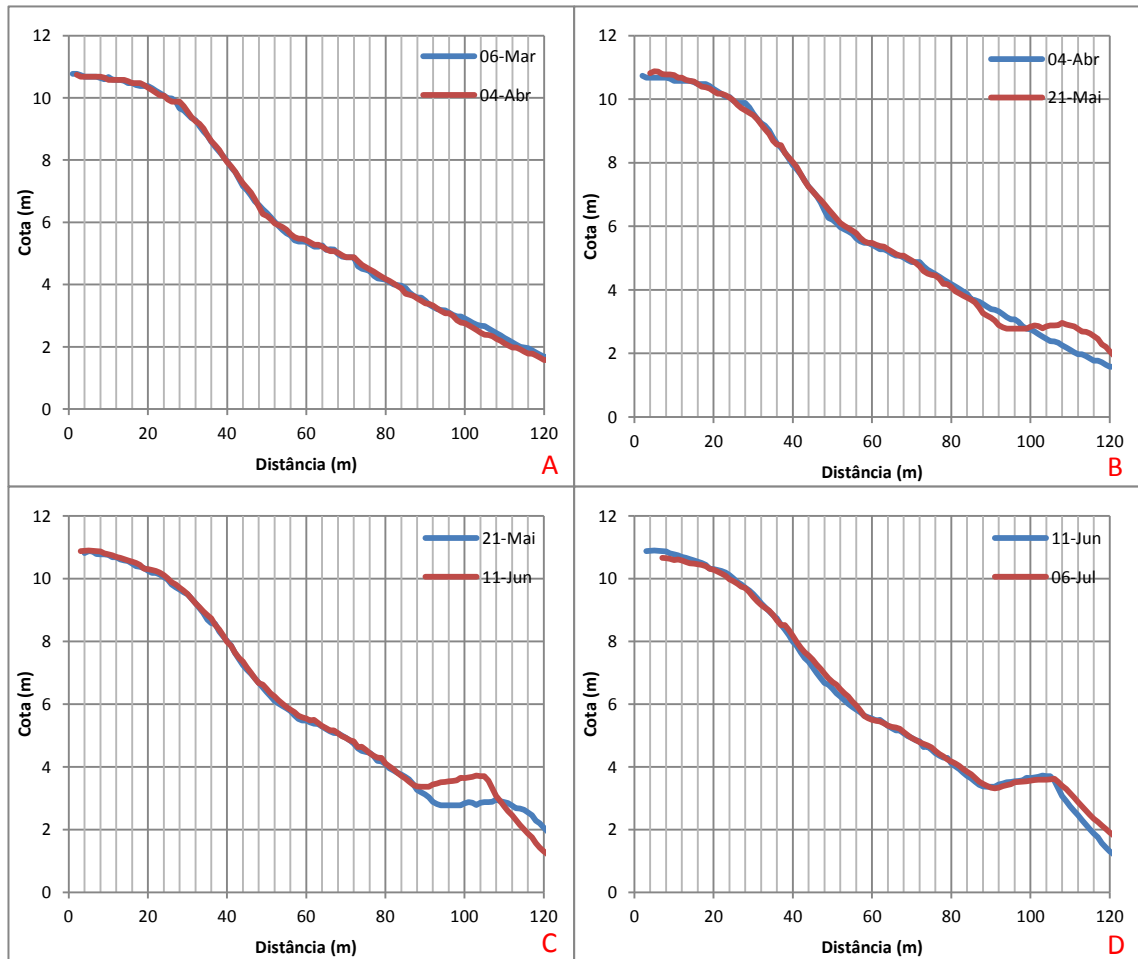


Figura V-12: Perfil transversal intermédio na praia de Mira – A) 5ª e 6ª campanhas; B) 6ª e 7ª campanhas; C) 7ª e 8ª campanhas e D) 8ª e 9ª campanhas.

A figura V-12A) Os perfis apresentam ligeiras oscilações de sedimentos, mais evidentes a partir dos 97m de distância (diminuição de sedimentos em abril). A cota máxima da crista da duna é de 10,74m em abril.

A figura V-12B) O perfil de maio, em relação ao de abril, sofre perda e aumento de sedimentos. Esta alteração é mais notória dos 85m aos 98m de distância (diminuição de sedimentos) a partir dos 99m de distância observa-se um aumento de sedimentos que constituem a berma da praia. A cota máxima da crista da duna é de 10,88m no perfil de maio.

A figura V-12C) Em toda a extensão dos perfis é visível uma oscilação na cota dos sedimentos. É visível uma berma bem pronunciada a partir dos 87m de distância. A cota máxima da crista da duna é de 10,89m em junho.

A figura V-12D) Ocorrem alterações ao longo do perfil, as quais são mais notórias dos 38m aos 57m de distância (aumento de sedimentos no mês de julho) assim como dos 80m aos 88m de distância. A cota máxima da crista da duna, em julho, é de 10,66m.

A figura V-13 representa a variação da componente altimétrica (cotas dos perfis) considerando nessa análise as subtrações entre os valores de cota obtidos de duas em duas campanhas.

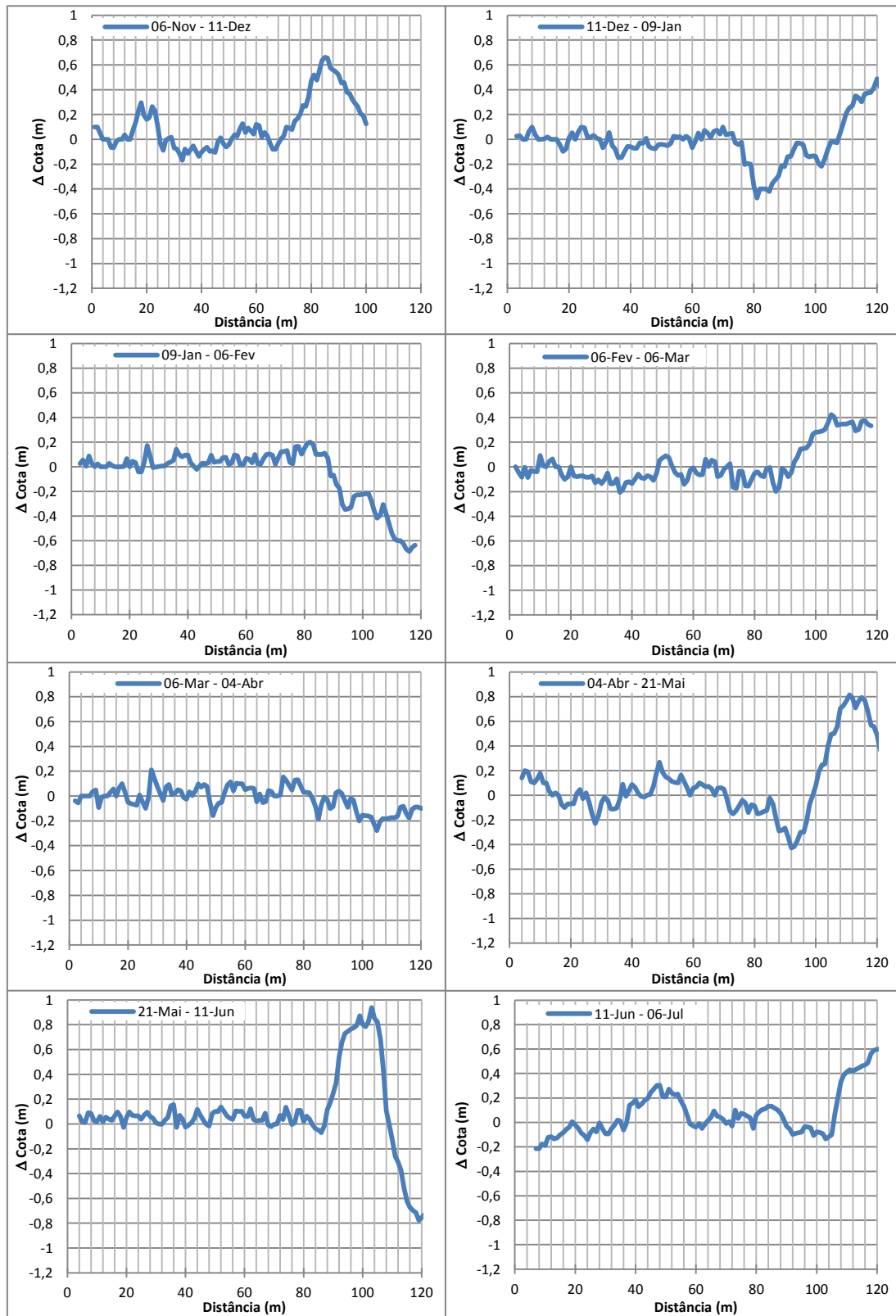


Figura V-13: Diferença de cotas no Perfil Intermédio na praia de Mira

Pela análise da figura V-13, as maiores alterações ocorrem na zona baixa da praia (após os 70m de distância). Ignorando a campanha de novembro (campanha experimental exploratória), as maiores alterações ocorrem após a crista da duna, na frente dunar atingindo aumentos e diminuições, dos 20m aos 60m de distância de cerca de 0,20m e -0,20m.

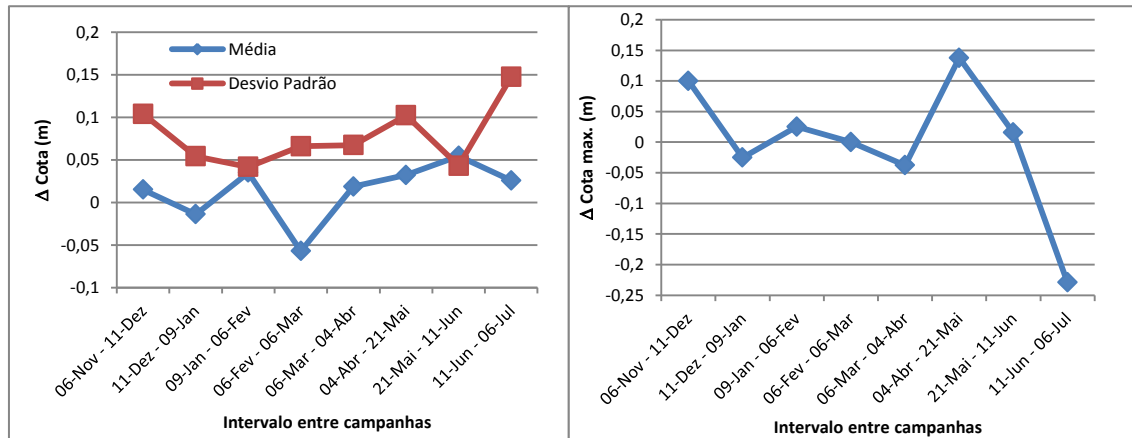


Figura V-14: Média e desvio padrão da diferença em relação com a evolução da cota máxima da duna do perfil Intermédio na praia de Mira.

Da análise da figura V-14 verifica-se que no perfil intermédio na praia de Mira ocorre um aumento ligeiro de novembro-dezembro a janeiro-fevereiro diminuindo após este, voltando a aumentar até maio-junho e diminuindo em junho-julho. Em comparação com o gráfico da variação da cota máxima da duna é visível que esta diminui, contudo apresenta um aumento de março-abril para abril-maio, diminuindo abruptamente até julho.

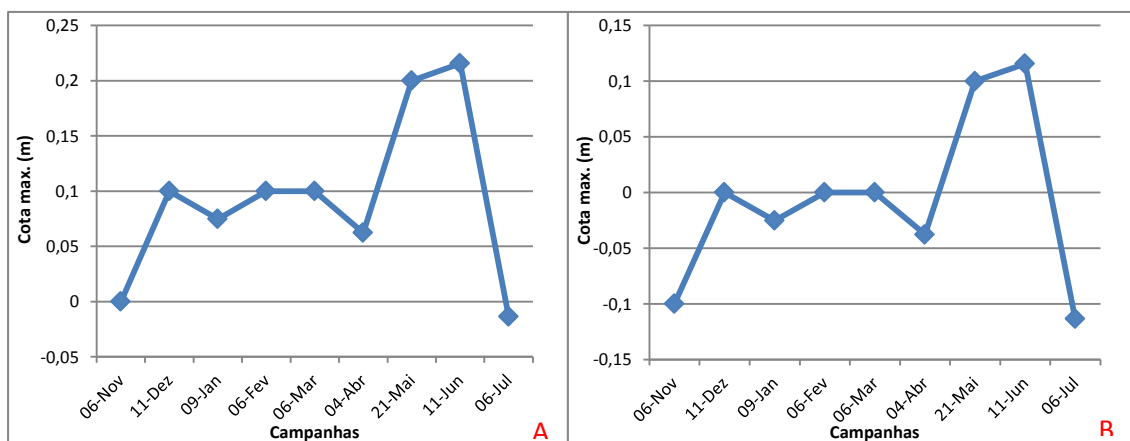


Figura V-15: Evolução da cota máxima na duna do perfil intermédio na praia de Mira. A-Referência novembro;B-Referência dezembro.

Da análise da figura V-15 verifica-se que quando se considera como referência novembro a cota máxima aumenta até 0,22m e diminui de junho para julho 0,23m. Quando se considera

dezembro como referência a cota máxima aumenta até 0,12m e diminui de junho para julho 0,23m. Conclui-se que a duna diminui cerca de 0,23m.

5.2.1.3- Praia de Mira - Perfil Norte

As figuras seguintes (V-16 a V-22) são relativas ao perfil transversal Norte na praia de Mira:

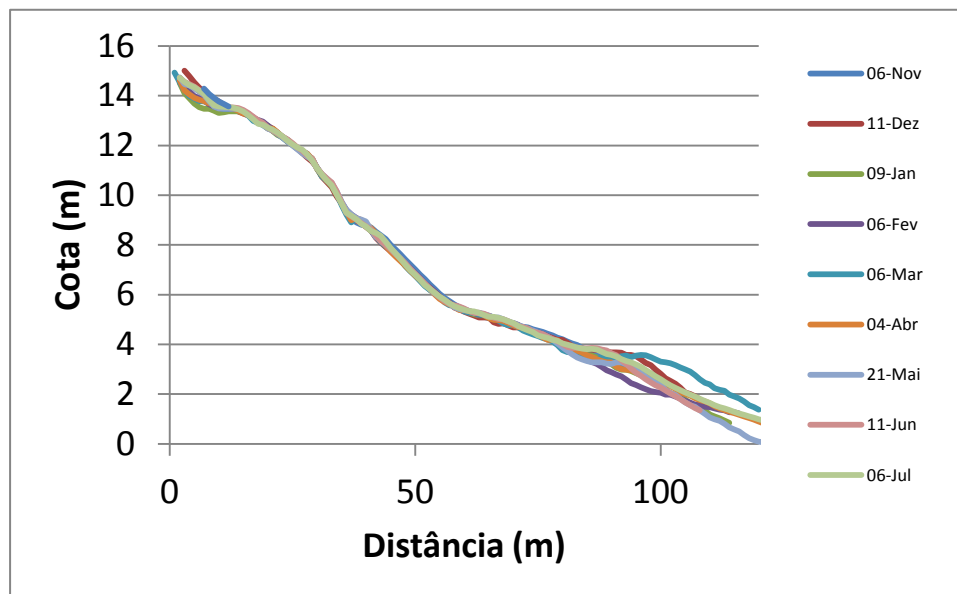


Figura V-16: Perfis transversais Norte na praia de Mira 1ª à 9ª campanha.

Da análise de todos os perfis é visível que as alterações são mais acentuadas no início do perfil (primeiros 14m de distância) e a partir dos 75m de distância. A cota da crista da duna oscila dos 14,28m aos 15,01m.

A figura V-17 representa a trajetória efetuada no plano, onde se visualizam as discrepâncias na direção da trajetória, que influencia algumas das discrepâncias detectadas nos perfis.

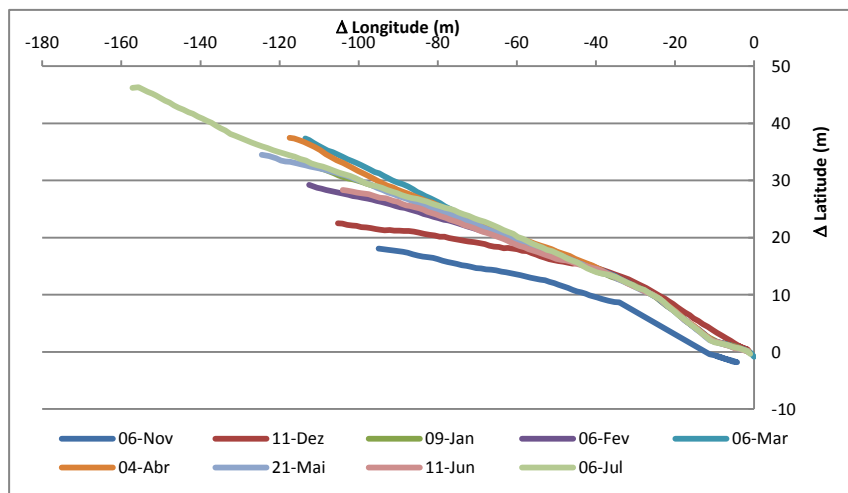


Figura V-17: Trajetória no plano.

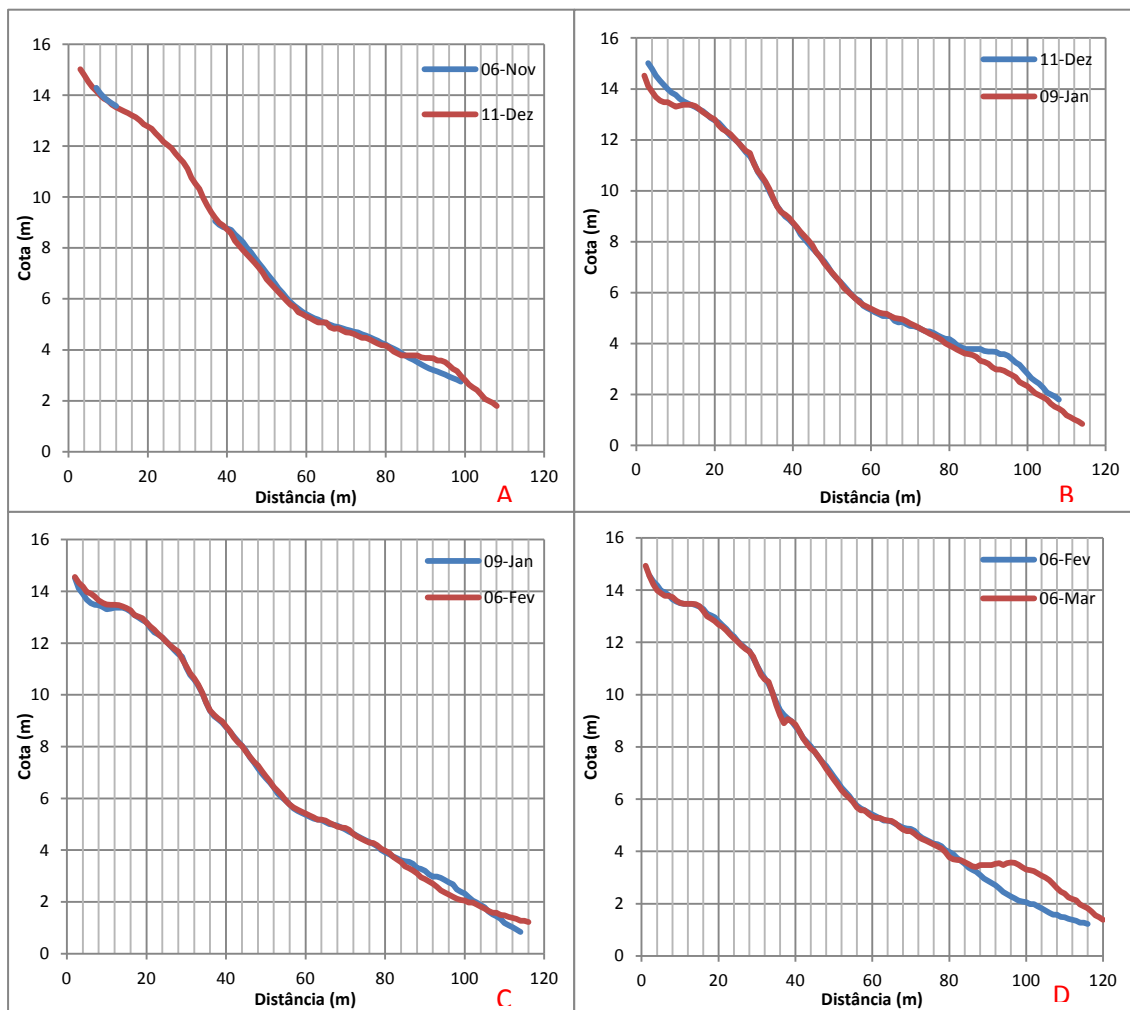


Figura V-18: Perfil transversal Norte na praia de Mira – A) 1ª e 2ª campanhas; B) 2ª e 3ª campanhas; C) 3ª e 4ª campanhas; D) 4ª e 5ª campanhas.

Figura V-18A - A análise comparativa destes perfis é efetuada nos seus pontos comuns de dados. Dos 40m aos 84m de distância o perfil de dezembro tem valores de cota inferiores, aumentando após os 84m de distância. Apesar de o perfil de novembro ser efetuado do lado Sul do passadiço e o de dezembro do lado Norte do passadiço, considera-se a cota máxima da crista da duna de 14,28m, em novembro, e de 15,01m, em dezembro.

Figura V-18B - Observa-se no perfil de janeiro uma diminuição acentuada de sedimentos (acima dos 0,50m de cota) dos 2m aos 14m de distância e a partir dos 75m de distância. A cota máxima da crista da duna é de 14,52m, em janeiro.

Figura V-18C - Os perfis não apresentam grandes discrepâncias, exceto dos 2m aos 14m de distância (aumento de sedimentos em fevereiro) e a partir dos 83m aos 102m de distância onde se regista uma diminuição de sedimentos e posterior aumento. A cota máxima da crista da duna é de 14,55m, em fevereiro.

Figura V-18D - Na comparação dos perfis a maior diferença verifica-se na quantidade de sedimentos. Estes existem em maior quantidade a partir dos 83m de distância (março). A cota máxima da crista da duna é de 14,54m, em março.

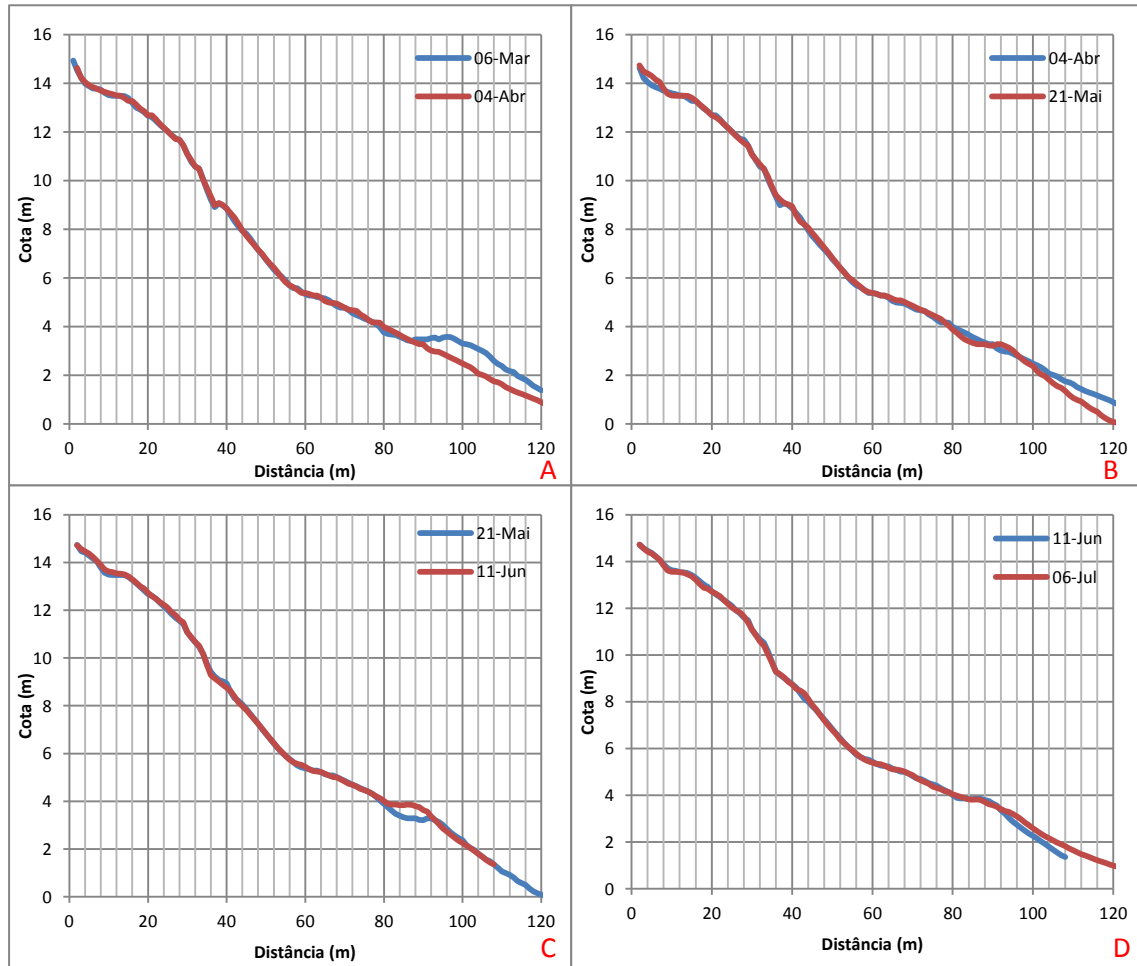


Figura V-19: Perfil Transversal Norte na praia de Mira – A) 5ª e 6ª campanhas; B) 6ª e 7ª campanhas; C) 7ª e 8ª campanhas e D) 8ª e 9ª campanhas.

A figura V-19A) Os perfis não apresentam grandes alterações entre si, exceto dos 64m aos 86m de distância (oscilação de sedimentos entre as duas campanhas) e a partir dos 87m de distância onde se regista uma diminuição de sedimentos em abril. A cota máxima da crista da duna é de 14,62m, em ambos os perfis.

A figura V-19B) Nestes perfis, as diferenças são pouco acentuadas, porém ocorrem ligeiras oscilações ao longo dos perfis. Estas oscilações são mais acentuadas até aos 8m de distância e dos 91m aos 96m de distância (aumento de sedimentos em maio) e dos 77m aos 91m de distância e a partir dos 96m de distância (diminuição de sedimentos em maio). A cota máxima da crista da duna é de 14,73m, em maio.

A figura V-19C) Não ocorrem alterações significativas nos perfis, exceto dos 77m aos 93m de distância (aumento de sedimentos em junho). A cota máxima da crista da duna é de 14,72m, no perfil de junho.

A figura V-19D) A maior alteração verificada na comparação dos perfis é a partir dos 92m de distância em que ocorrem aumento de sedimentos em julho. A cota máxima da crista da duna é de 14,72m em julho.

A figura V-20 representa a variação da componente altimétrica (cotas dos perfis) considerando nessa análise as subtrações entre os valores de cota obtidos de duas em duas campanhas.

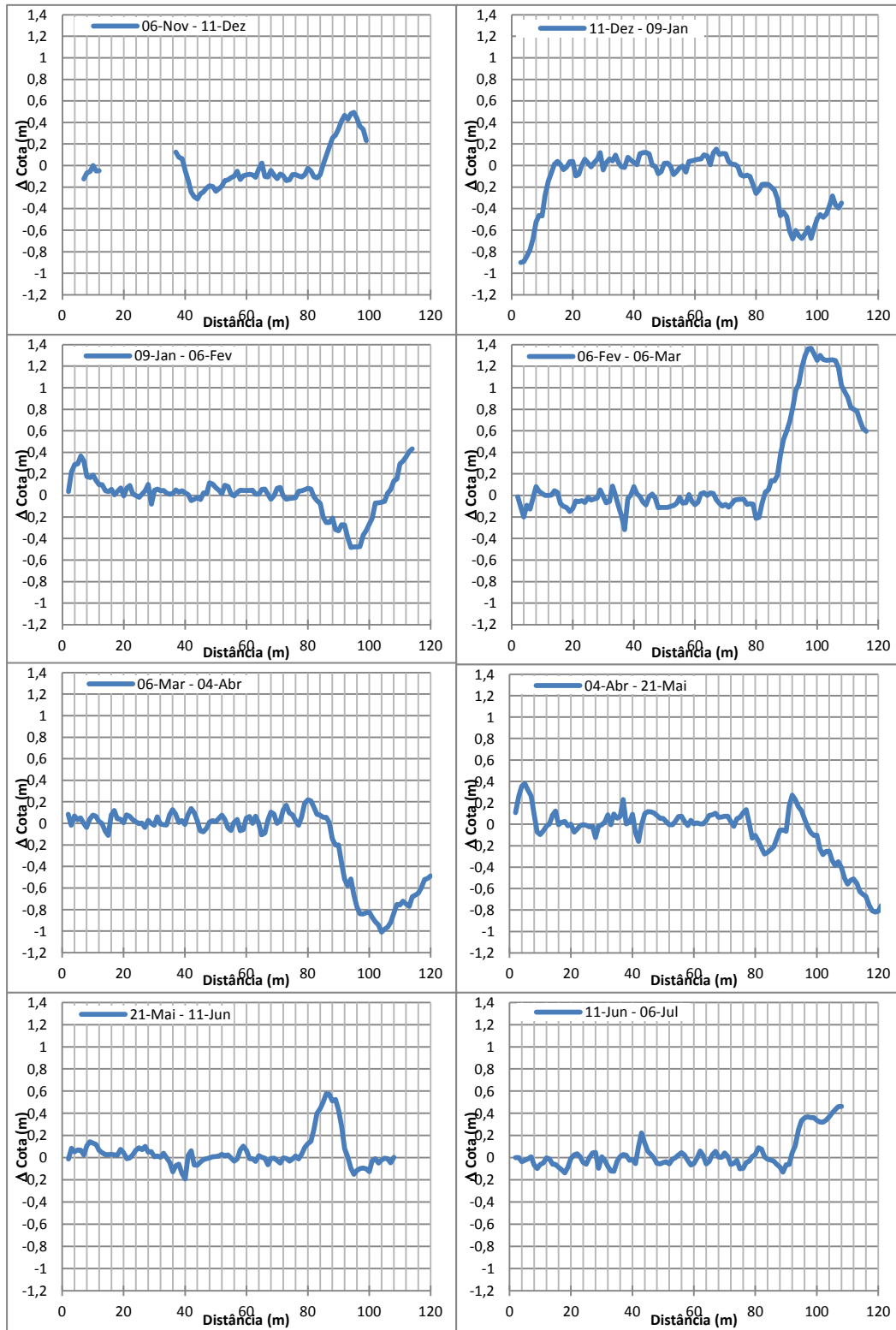


Figura V-20: Diferença de cotas no Perfil Norte da praia de Mira.

Da análise das figuras V-20, são visíveis alterações mais acentuadas no início do perfil (as diferenças variam de 0m a 0,35m em abril-maio e janeiro-fevereiro e de 0m a -0,90m de dezembro-janeiro) e a partir dos 75m de distância, efeito direto da agitação marítima (0m a 1,37m-fevereiro-março e de 0m a -0,94m em março-abril).

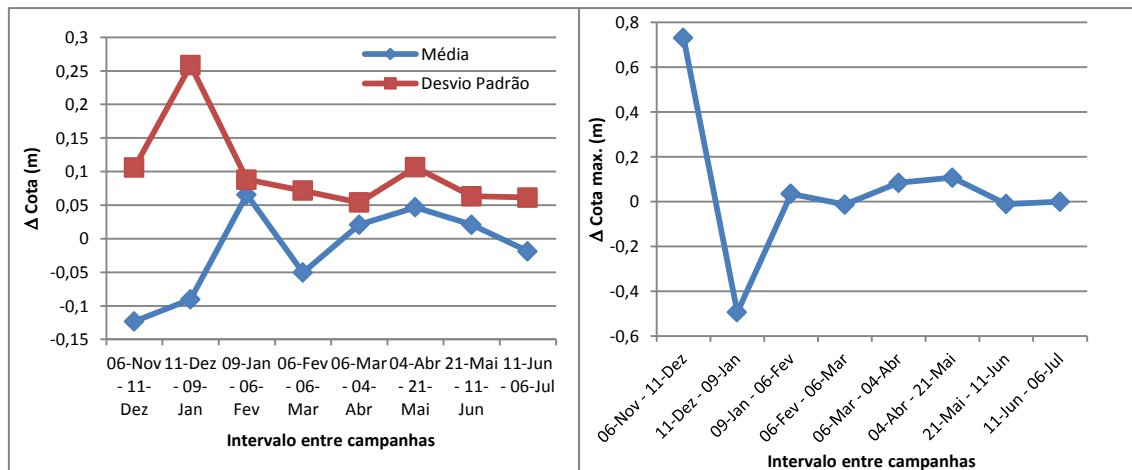


Figura V-21: Média e desvio padrão da diferença em relação com a variação da cota máxima da duna do perfil Norte na praia de Mira.

Da análise da figura V-21 é visível que no perfil Norte na praia de Mira ocorre um aumento na cota média de sedimentos entre novembro e janeiro, mas após esse aumento a cota de sedimentos diminui, ou seja, de novembro a julho. Em comparação com o gráfico da variação da cota máxima da duna é visível que esta diminui cerca de 0,73m (novembro-dezembro – junho-julho), salientando-se grande diminuição de janeiro para fevereiro (1,22m).

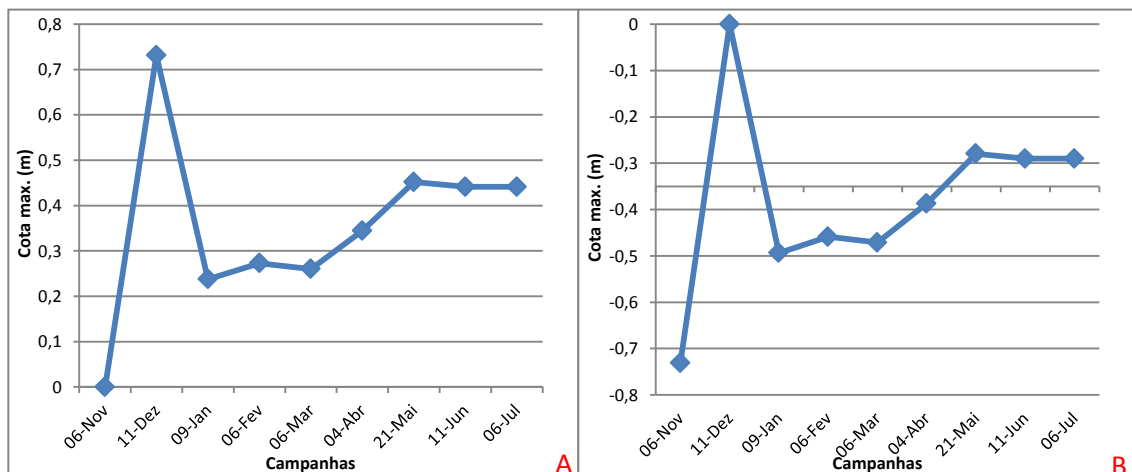


Figura V-22: Evolução da cota máxima na duna do perfil Norte na praia de Mira. A-Referência novembro;B-Referência dezembro.

Da análise da figura V-22 verifica-se que quando se considera novembro como referência ocorre um aumento da cota máxima de 0,44m, mas quando se considera o dezembro como referência ocorre uma diminuição de sedimentos de 0,29m. Pode-se assim concluir que a duna diminui cerca de 0,29m.

5.2.2 - Praia do Palheirão

Na praia do Palheirão foram realizados dois perfis transversais como a figura V-23 ilustra.



Figura V-23: Localização dos perfis na Praia do Palheirão ([4]) - a) perfil transversal Sul; b) perfil transversal Norte.

5.2.2.1- Praia do Palheirão – Perfil Sul

As figuras V-24 a V-30 são relativas ao perfil Sul na Praia do Palheirão:

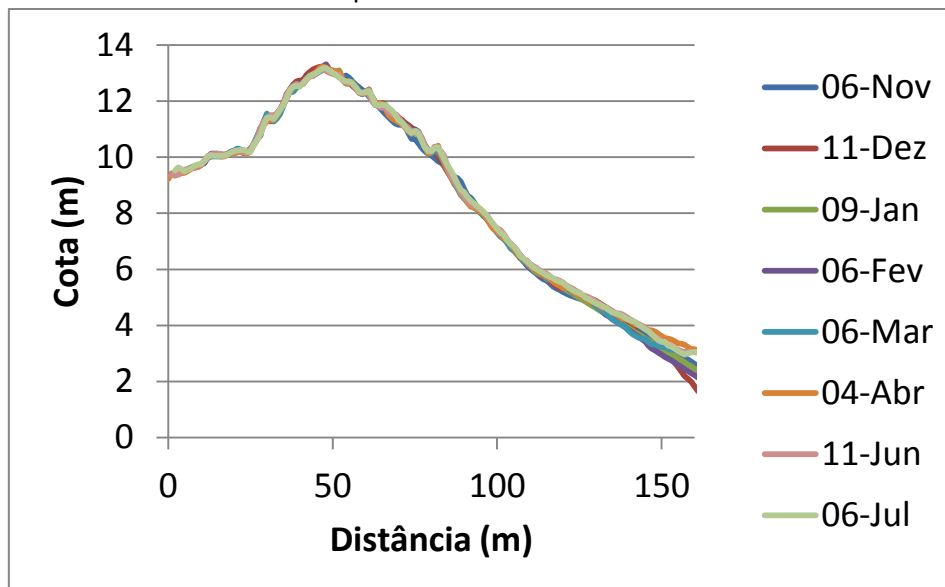


Figura V-24: Perfil transversal Sul na praia do Palheirão 1ª à 9ª campanha.

Da análise de todos os perfis é visível que as alterações são frequentes ao longo de todo o trajeto, ocorrendo aumento e diminuição de sedimentos, principalmente na movimentação da crista da duna e frente da duna e antes da zona de ressaca. A cota máxima da crista da duna oscila de 13,12m a 13,31m.

A figura V-25 representa a trajetória efetuada no plano, onde se visualizam as discrepâncias na direção da trajetória, que influencia algumas das discrepâncias detectadas nos perfis.

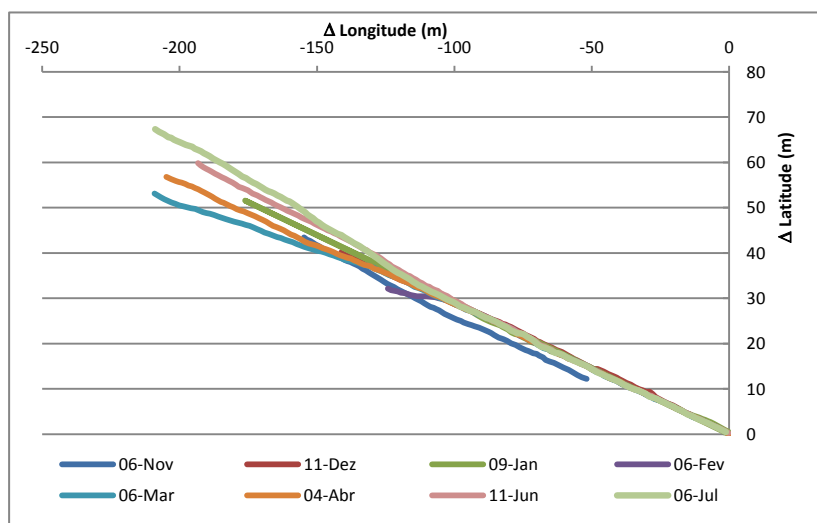


Figura V-25: Trajetória no plano.

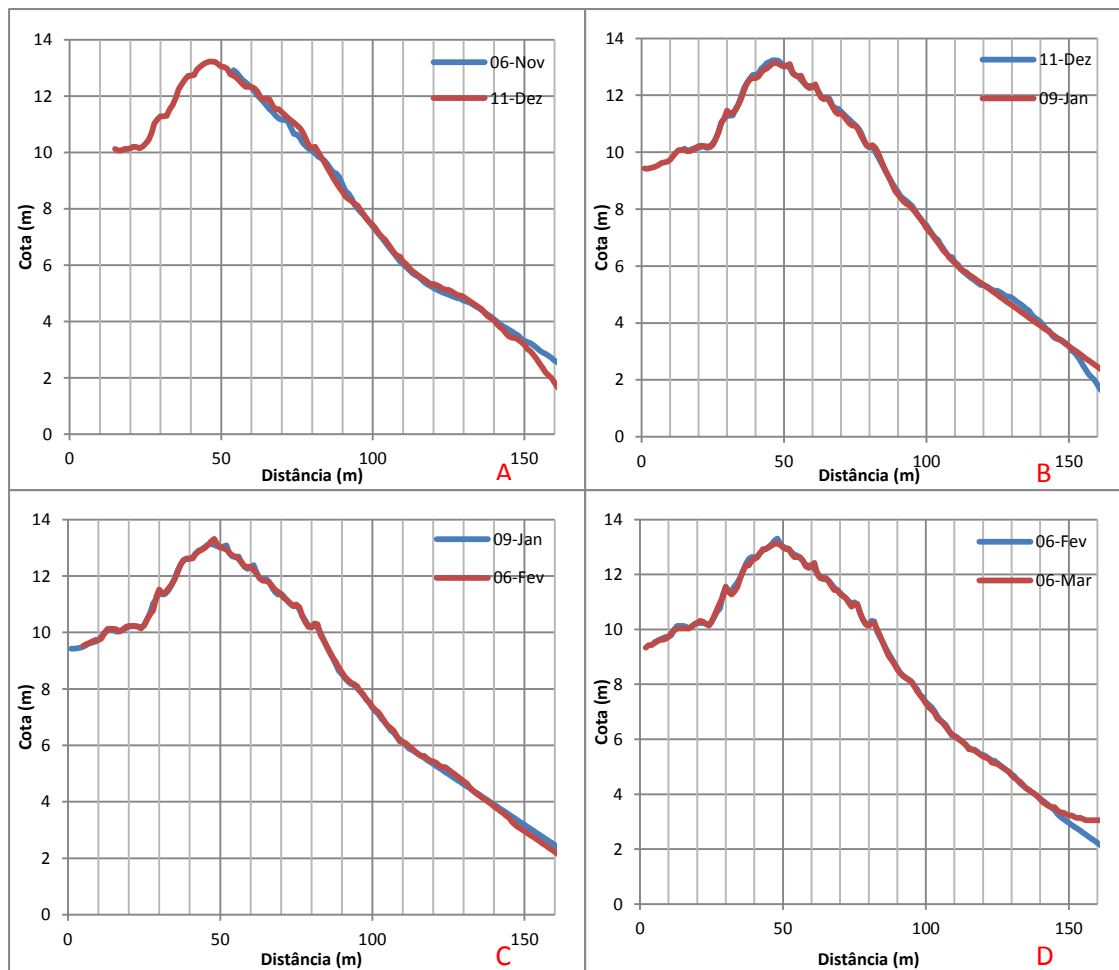


Figura V-26: Perfil transversal Sul na praia do Palheiro – A) 1ª e 2ª campanhas; B) 2ª e 3ª campanhas; C) 3ª e 4ª campanhas e D) 4ª e 5ª campanhas.

Figura V-26A - Neste gráfico verifica-se que em dezembro a cota em grande parte do perfil é superior à de novembro, com exceção dos 85m aos 94m de distância e a partir dos 142m de distância. A cota máxima da crista da duna em dezembro é de 13,23m (Novembro é de 12,92m).

Figura V-26B - Na comparação dos dois perfis, é visível que a duna contém valores de cota semelhantes ao longo de todo o perfil. A partir dos 124m é visível que, no perfil de janeiro, ocorre um declive mais acentuado na zona baixa da praia. A cota máxima da crista da duna, em janeiro é de 13,14m.

Figura V-26C - Em fevereiro o perfil é semelhante ao de janeiro. A cota máxima da crista da duna em fevereiro é de 13,31m.

Figura V-26D - Na comparação dos dois perfis não se observam grandes diferenças, a exceção ocorre na zona baixa da praia onde se verifica um aumento de sedimentos a partir dos 144m de distância. A cota máxima da crista da duna em março é de 13,13m.

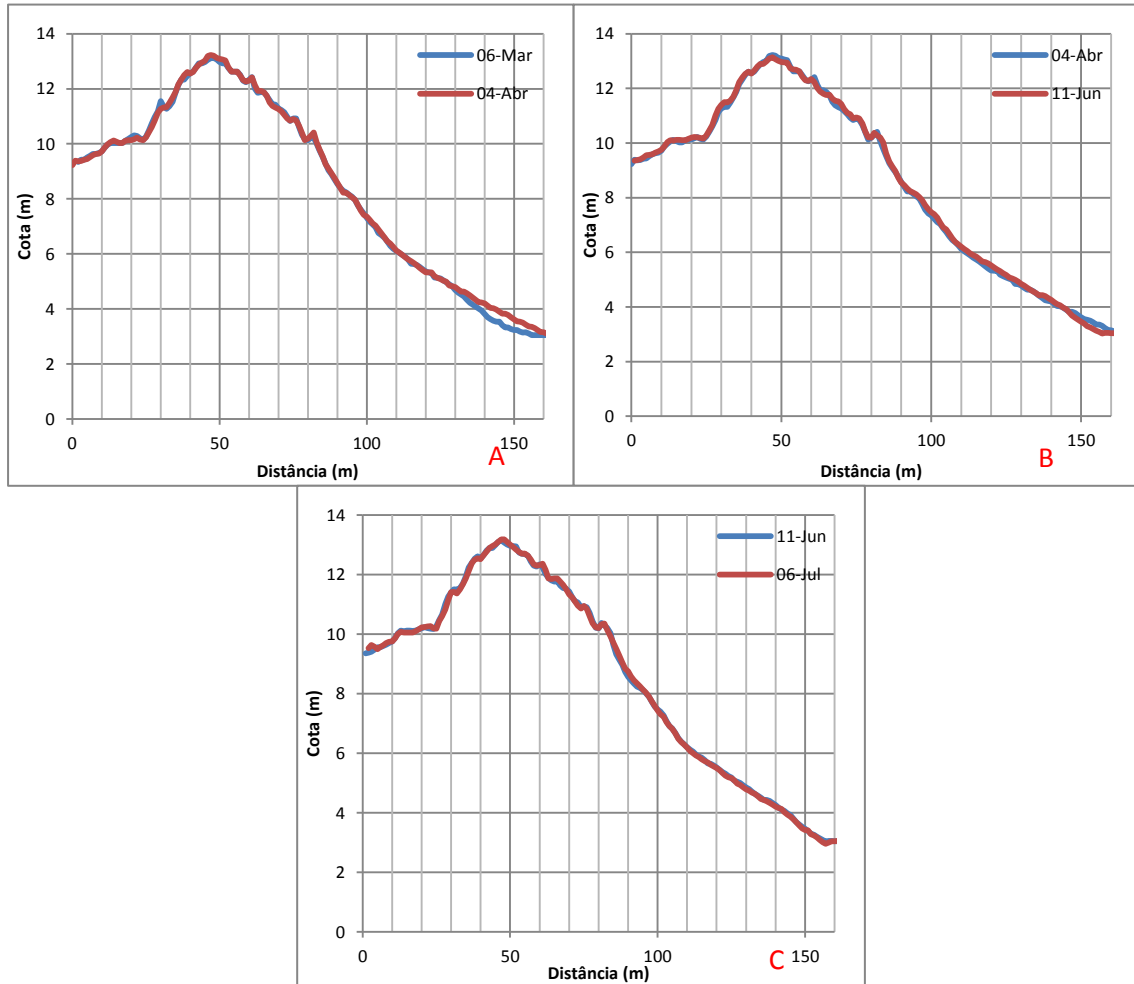


Figura V-27: Perfil transversal Sul na praia do Palheiro – A) 5ª e 6ª campanhas; B) 6ª e 7ª campanhas; C) 7ª e 8ª campanhas e D) 8ª e 9ª campanhas.

Figura V-27A - O gráfico dos perfis de março e abril apresenta uma duna equilibrada quanto à variação de sedimentos exceto aos 30m de distância (diminuição de sedimentos em abril) e aos 130m de distância (aumento de sedimentos em abril). A cota máxima da crista da duna, em abril, é de 13,23m.

Figura V-27B - No perfil de junho não ocorrem discrepâncias relativamente ao perfil de abril. Contudo são visíveis nas distâncias de 112 m aos 146m um aumento de sedimentos e posterior diminuição. A cota máxima da crista da duna é de 13,15m, em junho.

Figura V-27C - Na comparação dos dois últimos perfis não se visualizam alterações significativas, exceto na zona da crista da duna. A cota máxima da crista da duna é de 13,18m.

A figura V-28 representa a variação da componente altimétrica (cotas dos perfis) considerando nessa análise as subtrações entre os valores de cota obtidos de duas em duas campanhas.

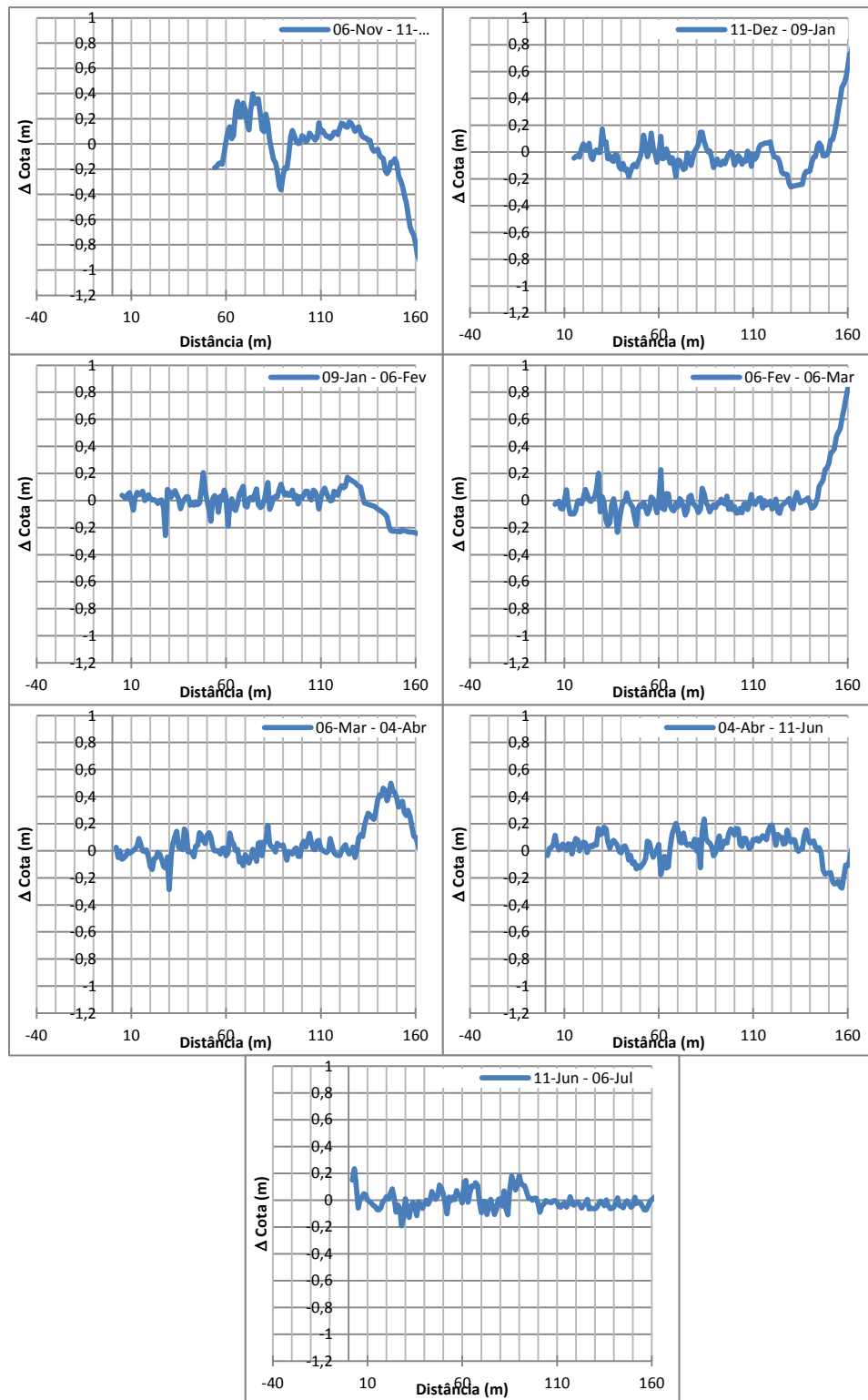


Figura V-28: Diferença de cotas no Perfil Sul na praia do Palheiro.

Pela análise das figuras V-28 visualizam-se alterações na crista da duna e na frente da duna em todas as campanhas (valores entre 0m e 0,4m) e na zona baixa da praia (variações máximas de 0,15m a 1m – efeito da agitação marítima).

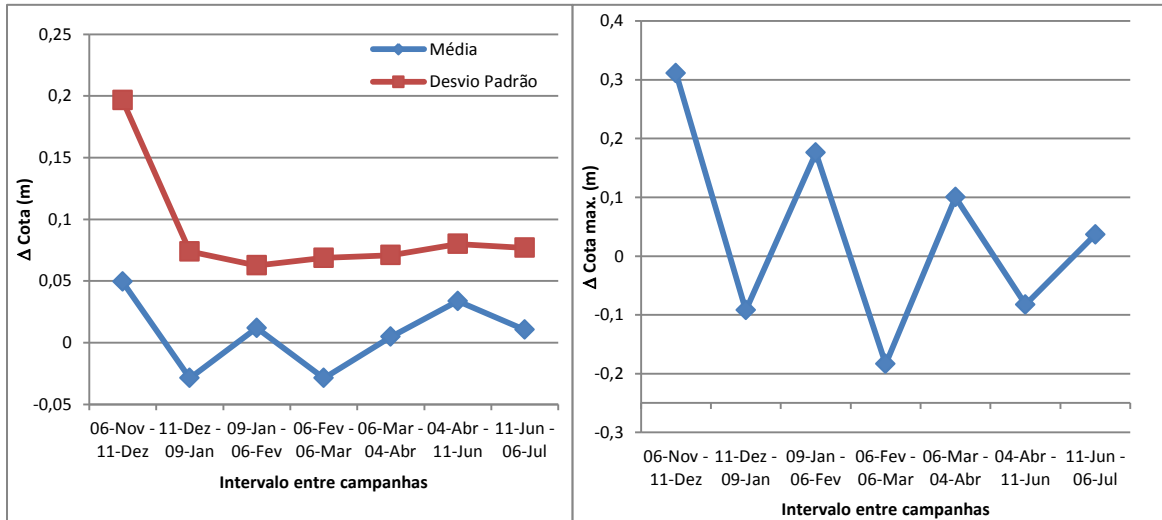


Figura V-29: Média e desvio padrão da diferença em relação com a variação da cota máxima da duna do perfil Sul na praia do Palheirão.

Da análise da figura V-29 é visível que no perfil Sul na praia do Palheirão ocorre uma diminuição na cota média de sedimentos desde novembro a julho, no entanto ocorrem de dezembro-janeiro a janeiro-fevereiro e de fevereiro-março a abril-junho aumento de sedimentos. Em comparação com o gráfico da variação da cota máxima da duna é visível que esta diminui, tal como diminui o volume de sedimentos.

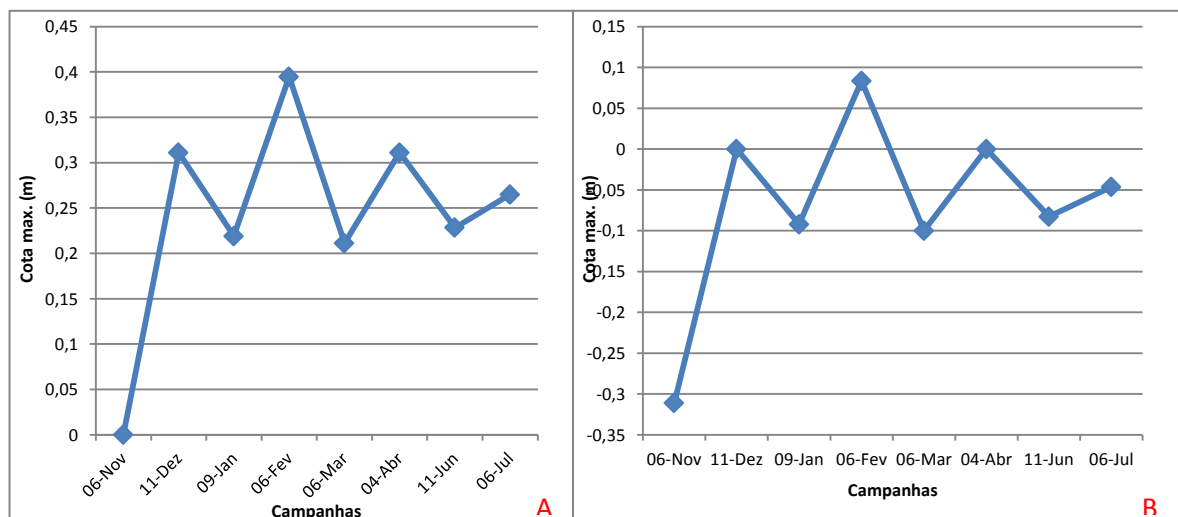


Figura V-30: Evolução da cota máxima na duna do perfil Sul na praia do Palheirão. A- Referência novembro; B- Referência dezembro.

Da análise da figura V-30 verifica-se que quando se considera novembro como referência ocorre um aumento da cota máxima de 0,26m, mas quando se considera o dezembro como referência ocorre uma diminuição de sedimentos de 0,05m. Pode-se assim concluir que a duna diminui cerca de 0,05m.

5.2.2.2 – Praia do Palheiro – Perfil Norte

As figuras V-31 a V-37 são relativas ao perfil Norte na praia do Palheiro:

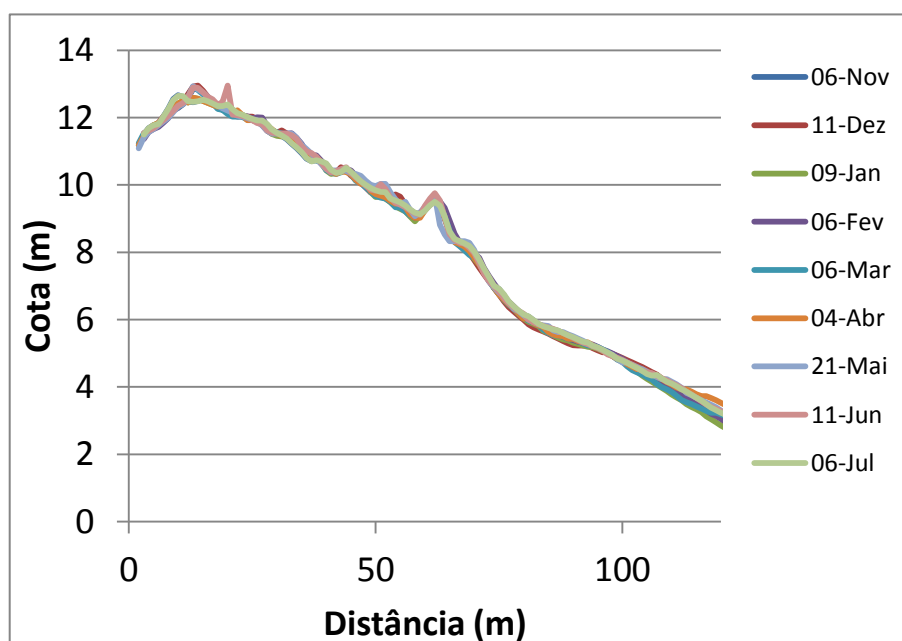


Figura V-31: Perfil transversal Norte na praia do Palheiro 1ª à 9ª campanha.

Da análise de todos os perfis é visível que as alterações são frequentes, ao longo de todo o trajeto, ocorrendo aumento e diminuição de sedimentos. Contudo as nebkas mantêm-se às mesmas distâncias nas diferentes campanhas, com ligeiros aumentos e diminuições de cota. A cota máxima da crista da duna oscila de 12,60m a 12,95m.

A figura V-32 representa a trajetória efetuada no plano, onde se visualizam as discrepâncias na direção da trajetória, que influencia algumas das discrepâncias detectadas nos perfis.

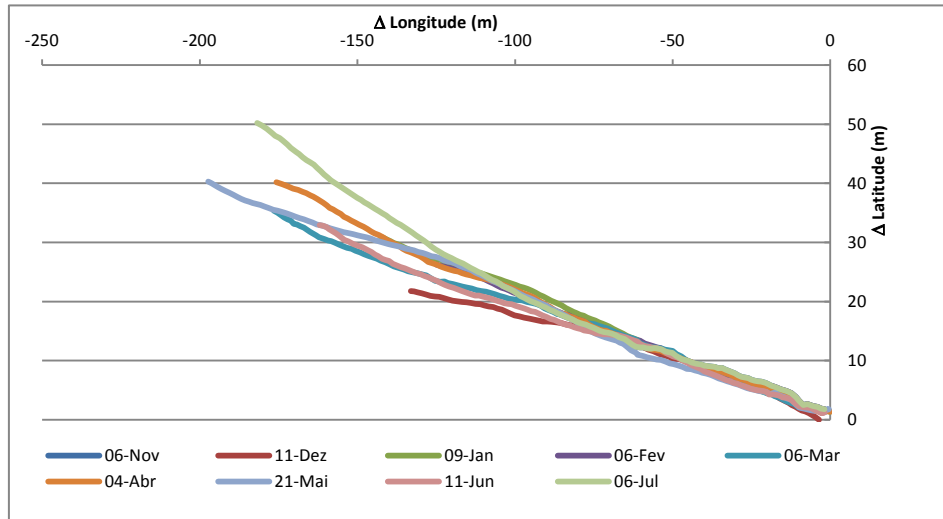


Figura V-32: Trajetória no plano.

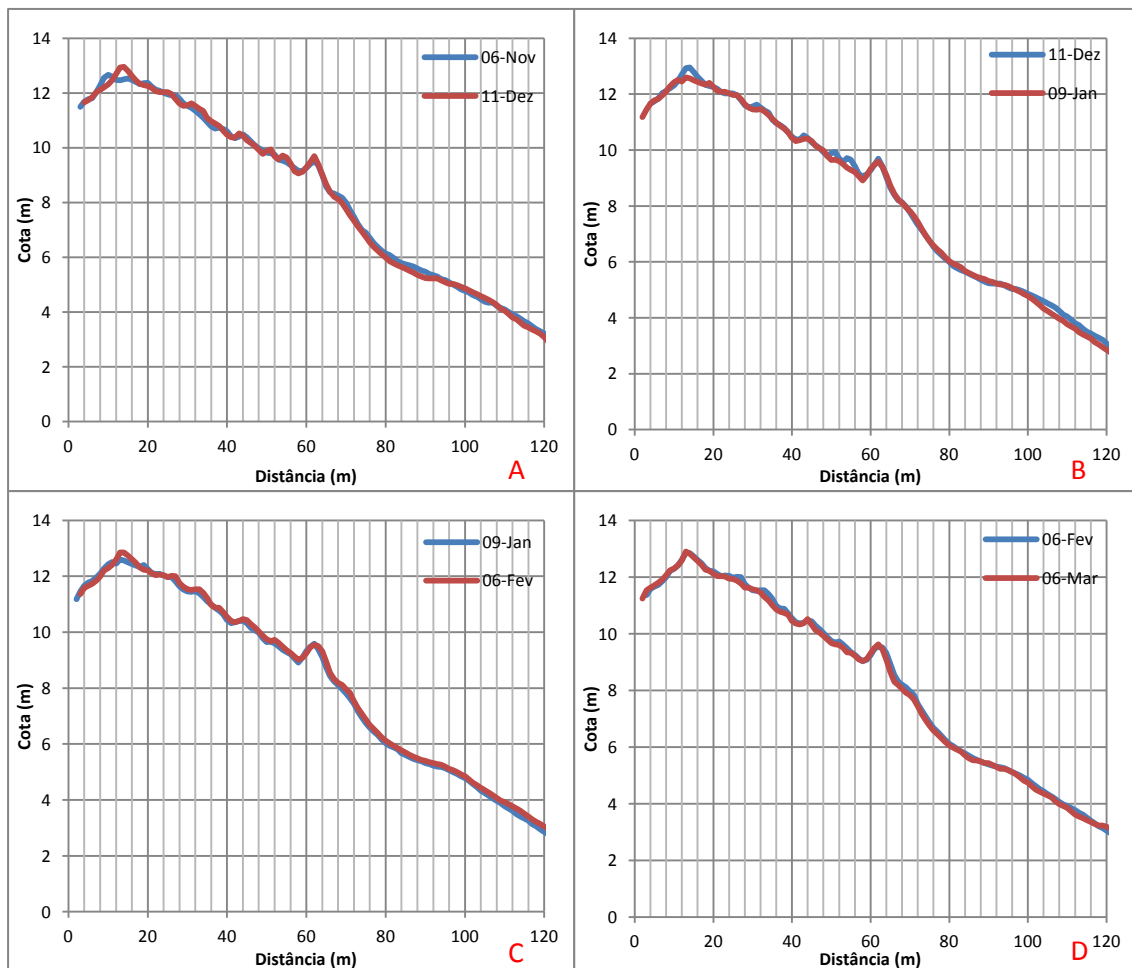


Figura V-33: Perfil transversal Norte na praia do Palheirão – A) 1ª e 2ª campanhas; B) 2ª e 3ª campanhas; C) 3ª e 4ª campanhas e D) 4ª e 5ª campanhas.

Figura V-33A - Existem algumas diferenças no início dos perfis, observando-se uma cota máxima em novembro de 12,67m e em dezembro de 12,95m. A quantidade de sedimentos oscila entre as

duas campanhas até aos 58m de distância. Observam-se montículos de sedimentos dos 58m aos 66m de distância- *nebkas*.

Figura V-33B - Os perfis têm cotas semelhantes exceto dos 11m aos 18m de distância, dos 29m aos 32m de distância, dos 49m aos 59m de distância e a partir dos 97 m de distância (diminuição de sedimentos em janeiro). A altura máxima da cota é de 12,60m em janeiro. Em janeiro as *nebkas* não se alteraram.

Figura V-33C - O perfil de fevereiro tem cotas inferiores até aos 12m de distância e dos 20m aos 26m de distância. Nas restantes distâncias mantém-se ligeiramente superior. As *nebkas* mantêm-se. A cota máxima da crista da duna é de 12,85m (fevereiro).

Figura V-33D - No perfil de março não se observam grandes discrepâncias relativamente ao perfil de fevereiro, no entanto a partir dos 25m de distância observa-se uma diminuição de sedimentos. As *nebkas* mantêm-se. Verifica-se que a cota máxima da crista da duna aumentou (12,90m).

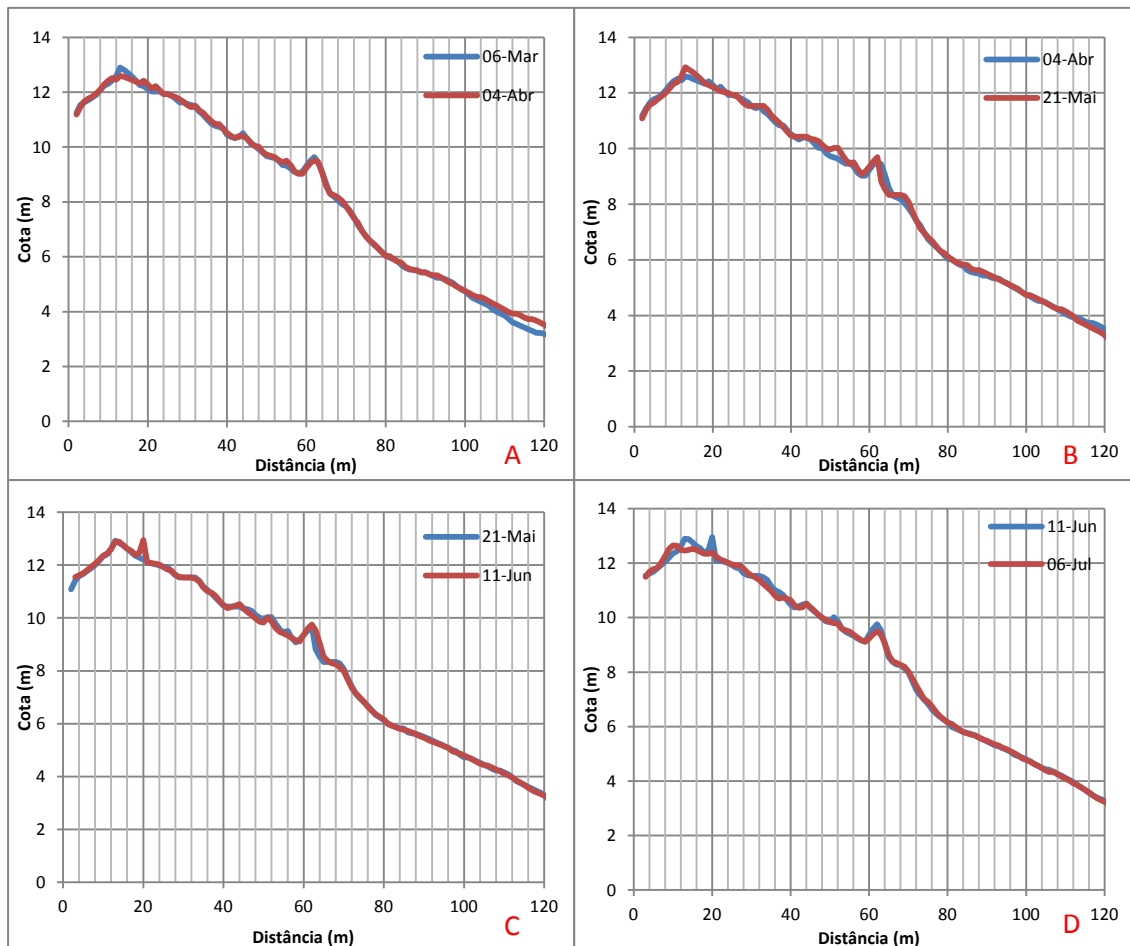


Figura V-34: Perfil transversal Norte na praia do Palheiro – A) 5ª e 6ª campanhas; B) 6ª e 7ª campanhas; C) 7ª e 8ª campanhas e D) 8ª e 9ª campanhas.

Figura V-34A - As maiores alterações ocorrem dos 12m aos 16m de distância (diminuição de sedimentos em abril) e dos 18m aos 23m de distância e dos 100m aos 120m de distância (aumento de sedimentos em abril). A cota máxima da crista da duna é de 12,60m (abril).

Figura V-34B - Na comparação entre os dois perfis, ocorrem diferenças mais visíveis aos 12m aos 17m de distância, dos 45m aos 54m de distância e dos 66m aos 71m de distância (aumento de sedimentos em maio). A cota máxima da crista da duna é de 12,93m (maio).

Figura V-34C - Ocorre aumentos de sedimentos dos 18 m aos 21m de distância (junho). A nebkka mantém-se. A cota máxima da crista da duna é de 12,95m (junho).

Figura V-34D - O perfil de julho não é coincidente até ao início das nebkas (58m de distância). As maiores alterações ocorrem dos 7m aos 11m de distância (aumento de sedimentos) e dos 11m aos 21m de distância (diminuição de sedimentos). A cota máxima da crista da duna é de 12,65m, em julho.

A figura V-35 representa a variação da componente altimétrica (cotas dos perfis) considerando nessa análise as subtrações entre os valores de cota obtidos de duas em duas campanhas.

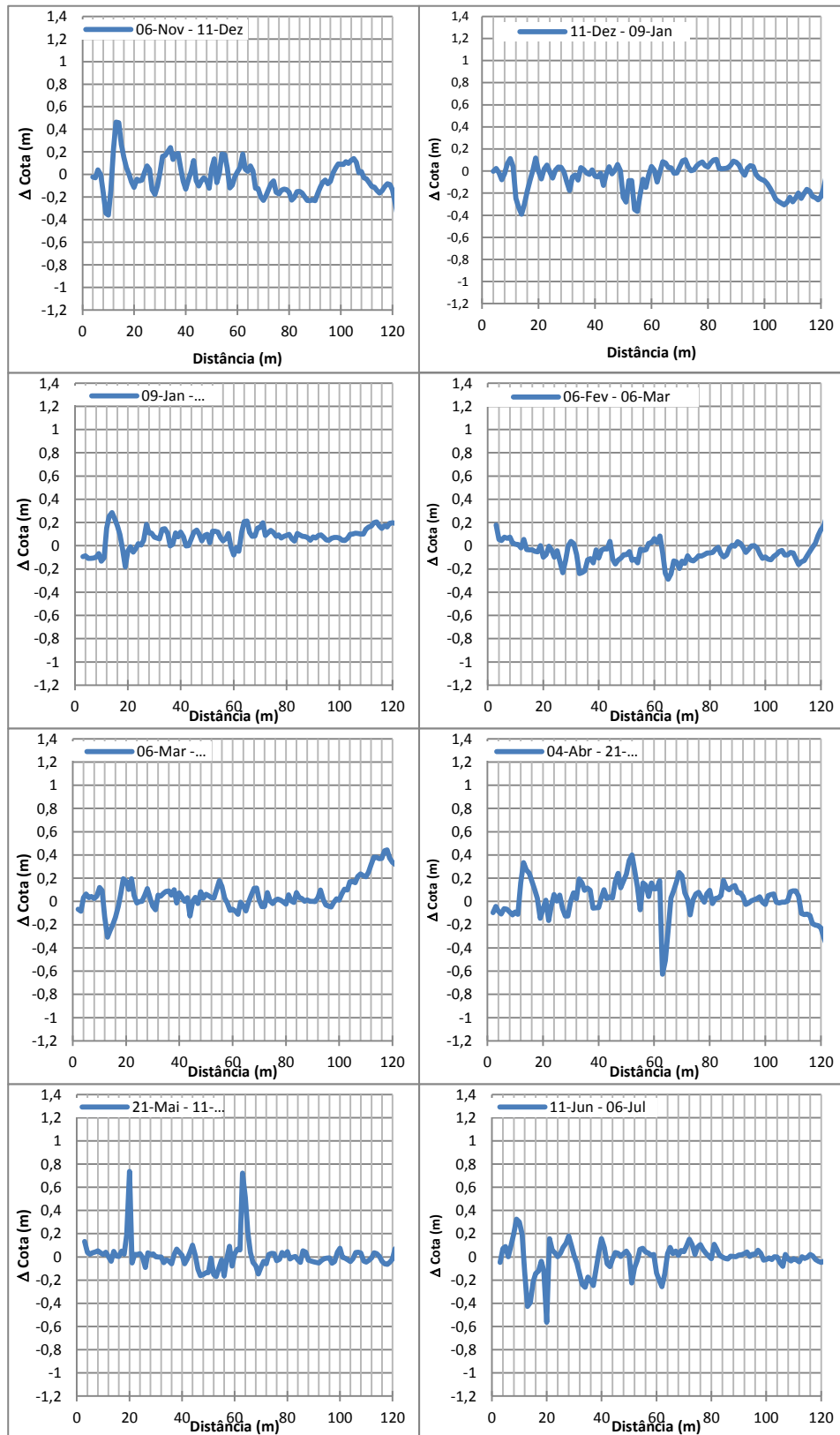


Figura V-35: Diferença de cotas no Perfil Norte na praia do Palheiro.

Da análise das figuras V-35 observa-se que as discrepâncias são mais acentuadas aos 20m de distância – transposição do passadiço (-0,56m – junho-julho a 0,74m-maio-junho) e aos 63m de distância (-0,63m – abril-maio e 0,72m-maio-junho). A partir dos 100m de distância ocorrem alterações superiores a 1,4m (zona baixa da praia- efeito da agitação marítima).

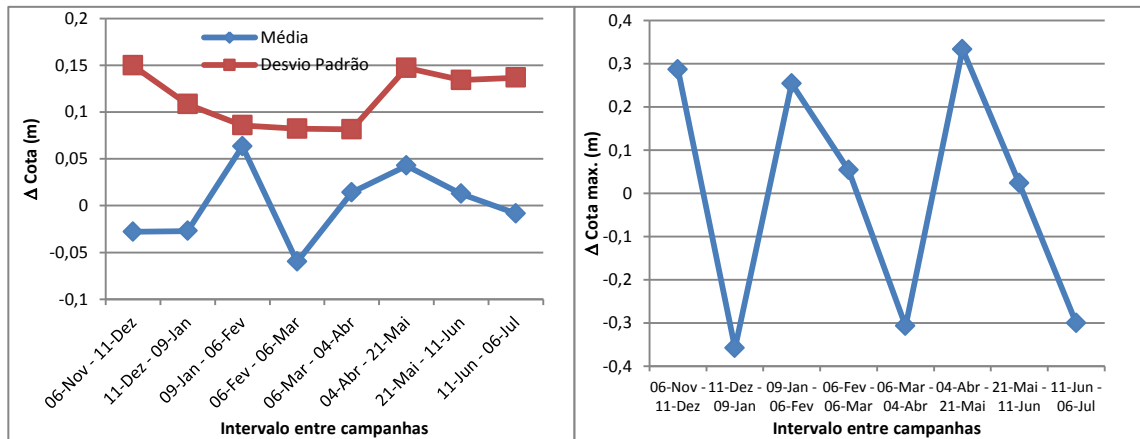


Figura V-36: Média e desvio padrão da diferença em relação com a variação da cota máxima da duna do perfil Norte na praia do Palheirão.

Da análise da figura V-36 é visível que no perfil Norte na praia do Palheirão ocorre um aumento na cota média de sedimentos desde novembro a julho, mas também ocorre diminuição de sedimentos (janeiro-fevereiro para fevereiro-março). Em comparação com o gráfico da variação da cota máxima da duna é visível que esta diminui de novembro a julho cerca de 0,59m.

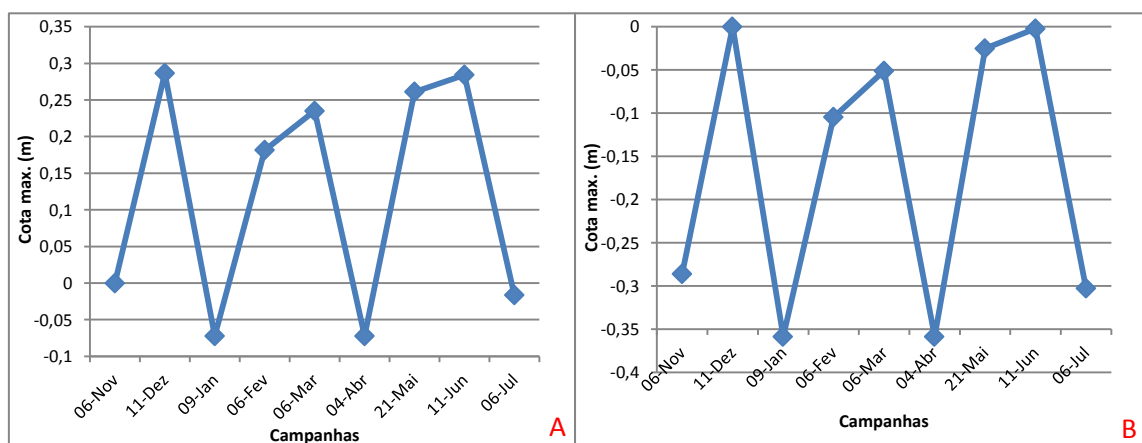


Figura V-37: Evolução da cota máxima na duna do perfil Norte na praia do Palheirão. A- Referência novembro; B- Referência dezembro.

Da análise da figura V-37 verifica-se que quando se considera novembro como referência ocorre uma ligeira diminuição da cota máxima de 0,02m, mas quando se considera o dezembro como referência ocorre uma diminuição de sedimentos de 0,30m. Pode-se assim concluir que a duna diminui cerca de 0,30m.

5.2.3 - Praia de Quiaios

Na praia de Quiaios foram realizados três perfis transversais como a figura V-38 ilustra.



Figura V-38: Localização dos perfis na praia de Quiaios ([4]) - a) perfil transversal Sul; b) perfil transversal Intermédio; c) perfil transversal Norte.

5.2.3.1-Praia de Quiaios – Perfil Sul

As figuras V-39 a V-45 são relativas ao perfil Sul na Praia de Quiaios

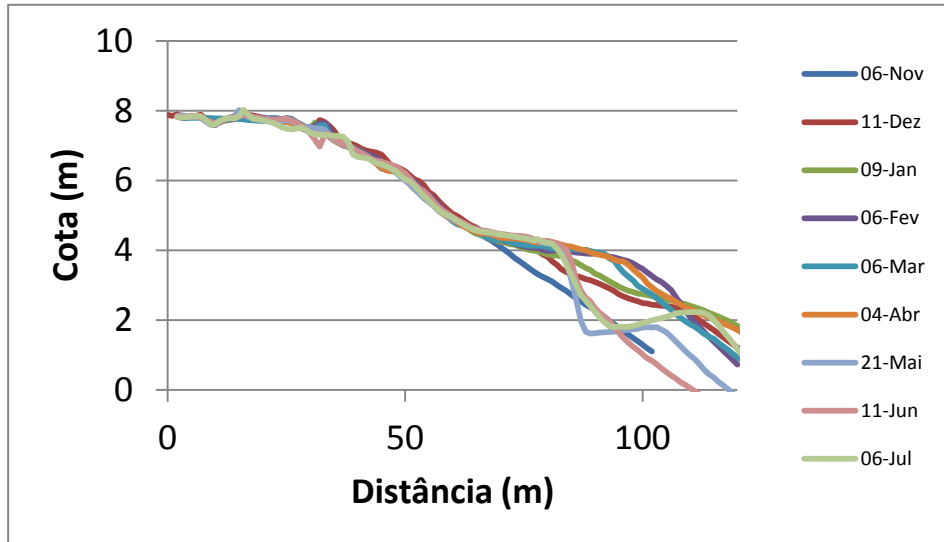


Figura V-39: Perfil transversal Sul na praia de Quiaios 1ª à 9ª campanha.

Da análise de todos os perfis é visível que as alterações são frequentes ao longo de todo o trajeto, ocorrendo aumento e diminuição de sedimentos, distinguindo-se a formação de uma berma bem acentuada de maio a julho. A cota máxima da crista da duna oscila de 7,80m a 8,01m.

A figura V-40 representa a trajetória efetuada no plano, onde se visualizam as discrepâncias na direção da trajetória, que influencia algumas das discrepâncias detectadas nos perfis.

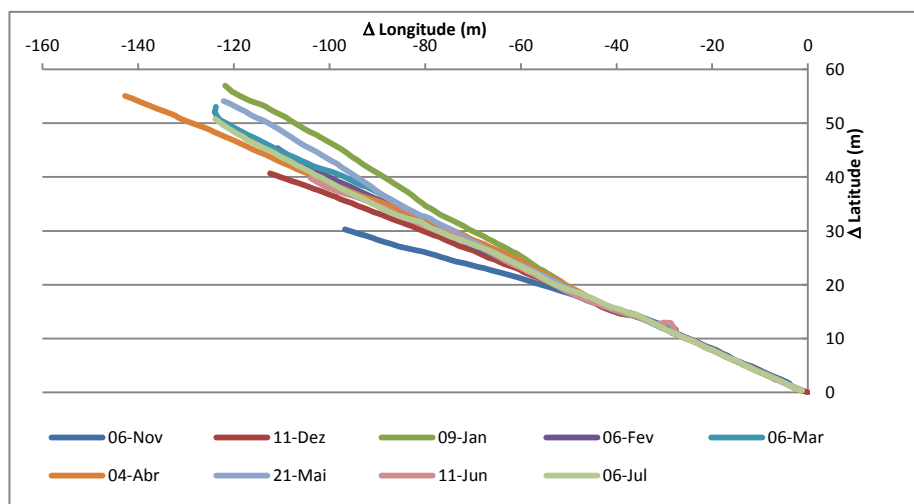


Figura V-40: Trajetória no plano.

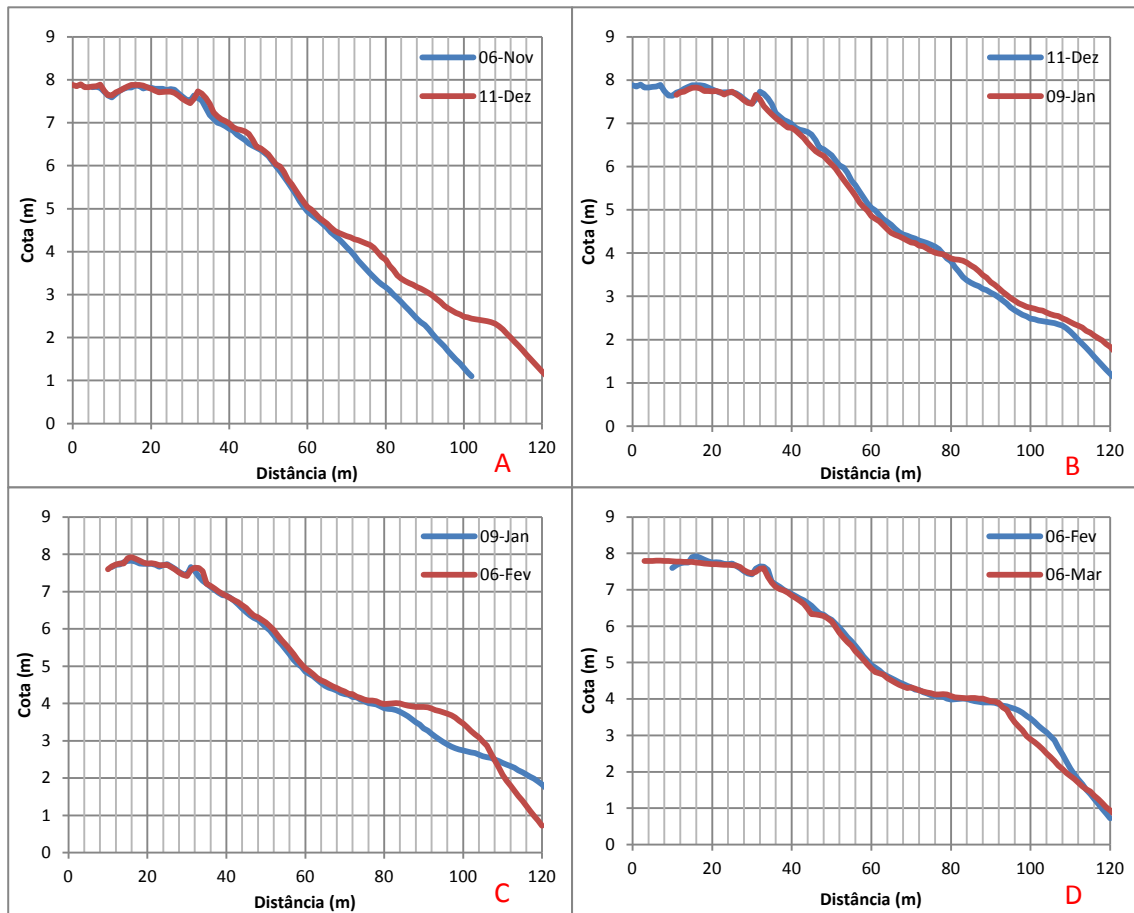


Figura V-41: Perfil transversal Sul na praia de Quiaios – A) 1ª e 2ª campanhas; B) 2ª e 3ª campanhas; C) 3ª e 4ª campanhas e D) 4ª e 5ª campanhas.

Figura V-41A - Na zona da crista da duna ocorrem ligeiras alternâncias na cota de sedimentos na comparação dos perfis. A partir dos 31m de distância observa-se um aumento de sedimentos em dezembro até ao fim do perfil. A cota máxima da crista da duna é de 7,86m em novembro e 7,89m na de dezembro.

Figura V-41B - Na comparação entre os perfis de dezembro com janeiro ocorre uma diminuição de sedimentos em janeiro a partir dos 31m até aos 78m de distância. A cota máxima da crista da duna é de 7,82m (janeiro).

Figura V-41C - Em comparação os perfis são semelhantes até aos 31m de distância, aumentando em fevereiro até aos 108m de distância. Contudo observa-se aos 15m de distância um pico de sedimentos em fevereiro. A cota máxima da crista da duna é de 7,93m (fevereiro).

Figura V-41D - Na comparação dos dois perfis observa-se diminuição de sedimentos, em março, com exceção dos 70m aos 92m de distância. O declive da praia é mais acentuado em março e a cota máxima da crista da duna é de 7,80m.

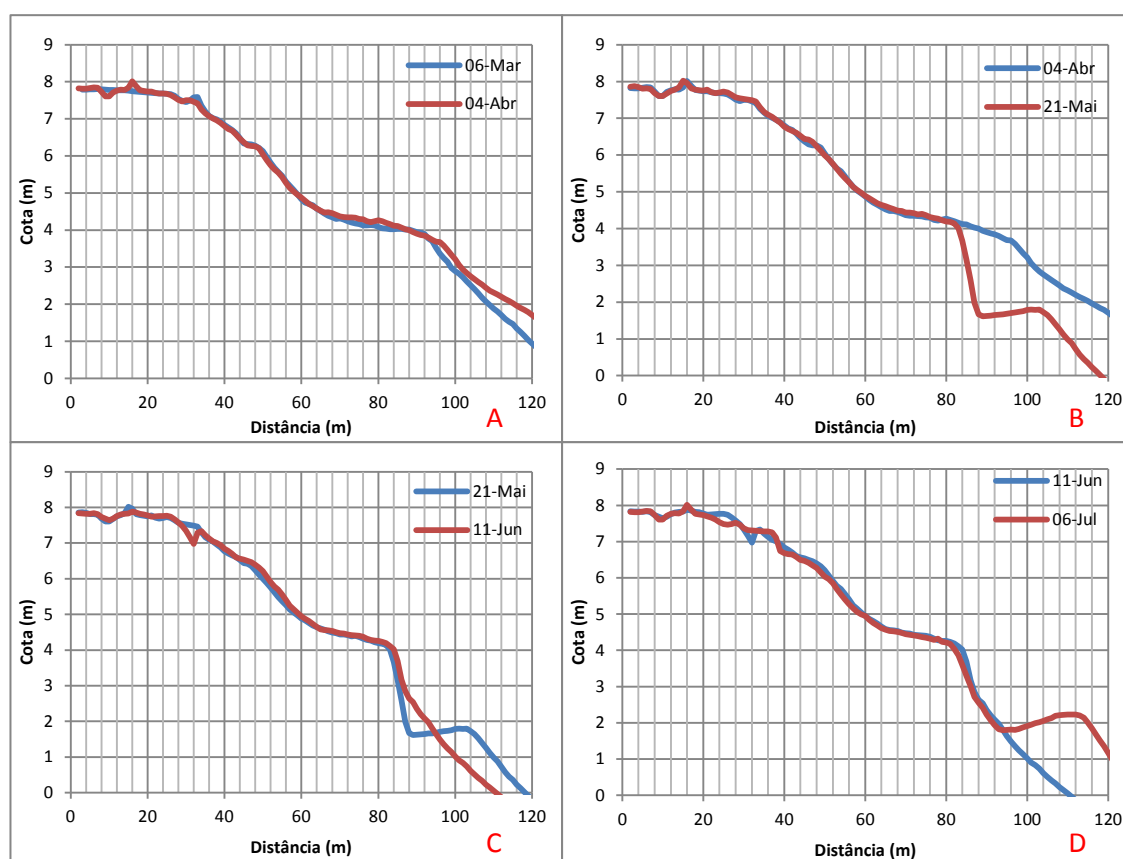


Figura V-42: Perfil transversal Sul na praia de Quiaios – A) 5ª e 6ª campanhas; B) 6ª e 7ª campanhas; C) 7ª e 8ª campanhas e D) 8ª e 9ª campanhas.

Figura V-42A - Comparando ambos os perfis observa-se que em abril dos 7m aos 18m de distância surge uma depressão de sedimentos seguida de uma acumulação de sedimentos. A partir dos 66m de distância a cota dos sedimentos em abril é superior à de março (com exceção dos 86m aos 93m de distância). A cota máxima da crista da duna é de 7,88m em abril.

Figura V-42B - Na comparação de ambos os perfis é visível que as cotas de maio são ligeiramente superiores às de abril até aos 78m de distância. Ocorre a formação de duas bermas (a partir dos 65m de distância) com declive acentuado. A cota máxima da crista da duna é de 8,01m (maio).

Figura V-42C - Quanto ao perfil de junho, este apresenta uma depressão de sedimentos dos 28m aos 33m de distância e um aumento de sedimentos dos 43m aos 95m de distância (a partir dos 65m de distância forma-se a berma). A cota máxima da crista da duna é de 7,88m (junho).

Figura V-42D - Na análise dos dois últimos perfis é visível, em julho, um pico de sedimentos seguido de uma depressão dos 15m aos 28m de distância. É visível um aumento de sedimentos dos 34m aos 38m de distância e a formação de duas bermas acentuadas. A cota máxima da crista da duna é de 7,97m em julho.

A figura V-43 representa a variação da componente altimétrica (cotas dos perfis) considerando nessa análise as subtrações entre os valores de cota obtidos de duas em duas campanhas.

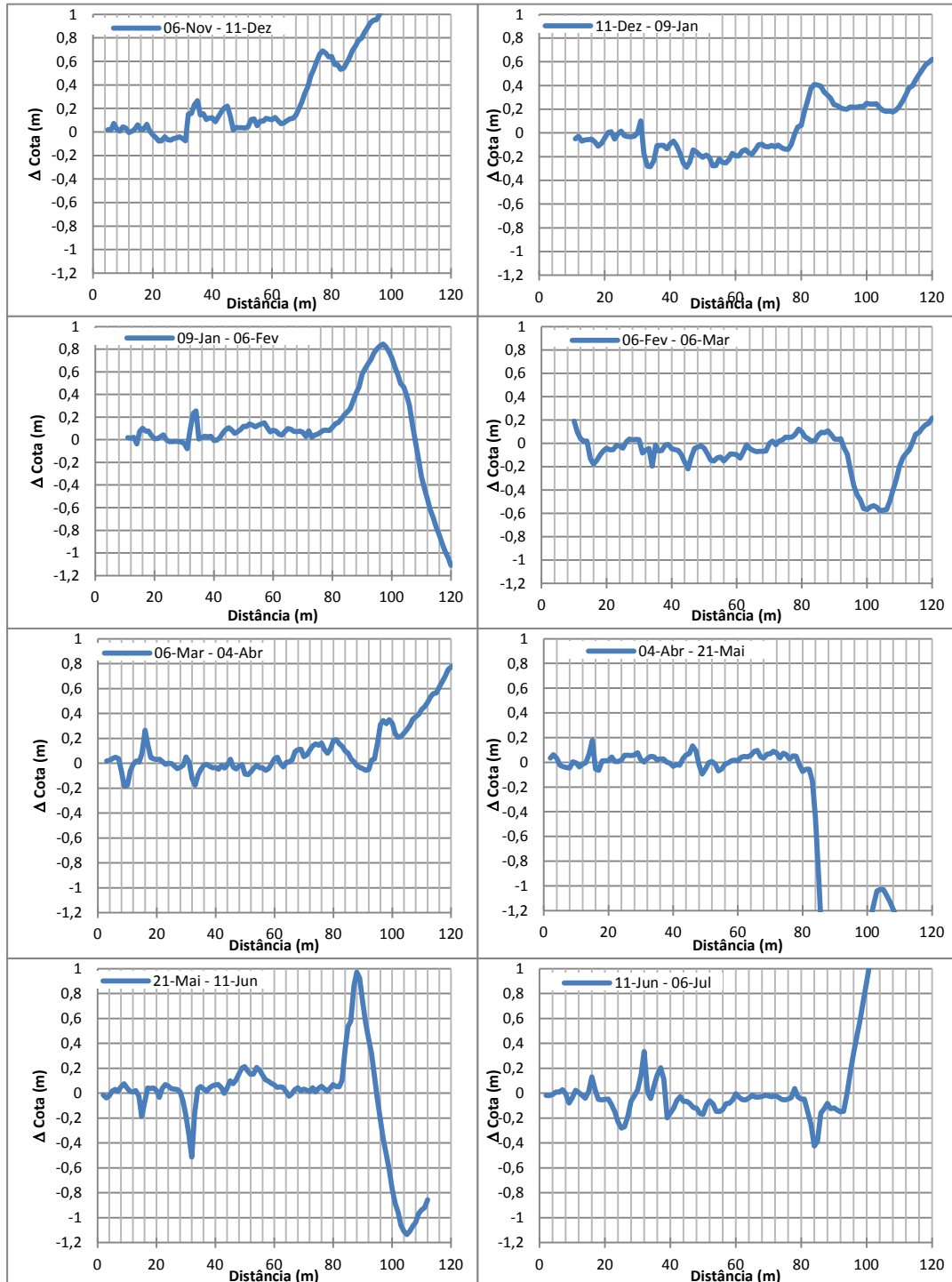


Figura V-43: Diferença de cotas no Perfil Sul na praia de Quiaios.

Da análise das figuras V-43 verifica-se que as alterações são visíveis em todo o perfil, sendo mais acentuadas nos primeiros 40m (variam entre 0m a 0,27m-janeiro-fevereiro e dos 0 a -0,41m- maio-junho), especificamente aos 30m quando ocorre a transposição do passadiço, e a partir dos 80m de distância (variam dos 0 a valores superiores a 1m- maio-junho e junho-julho e dos 0 a valores superiores a -1,2m- janeiro-fevereiro, abril-maio e maio-junho), zona direta de influência da agitação marítima.

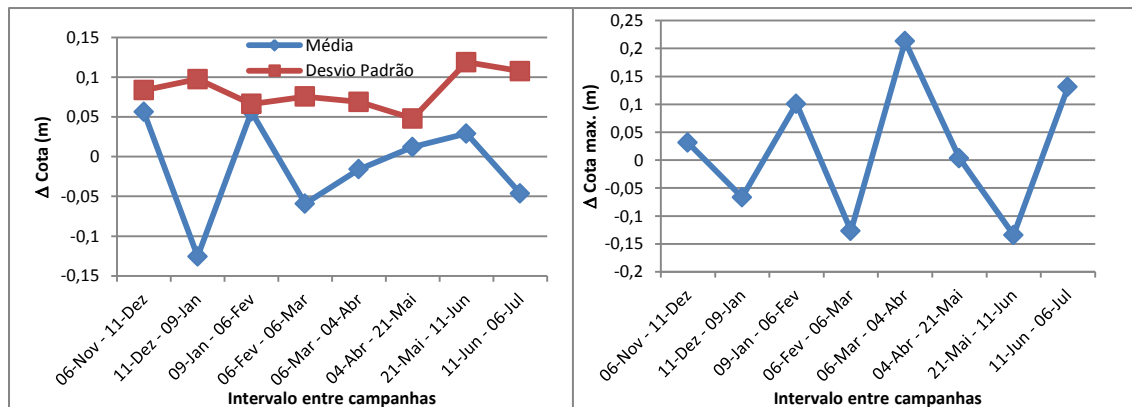


Figura V-44: Média e desvio padrão da diferença em relação com a variação da cota máxima da duna do perfil Sul na praia de Quiaios.

Da análise da figura V-44 é visível que no perfil Sul na praia de Quiaios ocorre uma diminuição e posterior aumento na cota média de sedimentos, e assim sucessivamente até fevereiro-março, aumentando até maio-junho e diminuindo em junho-julho. Em comparação com o gráfico da variação da cota máxima da duna é visível que esta aumenta e diminui, contudo verifica-se um aumento significativo comparando o primeiro valor com o último (0,10m).

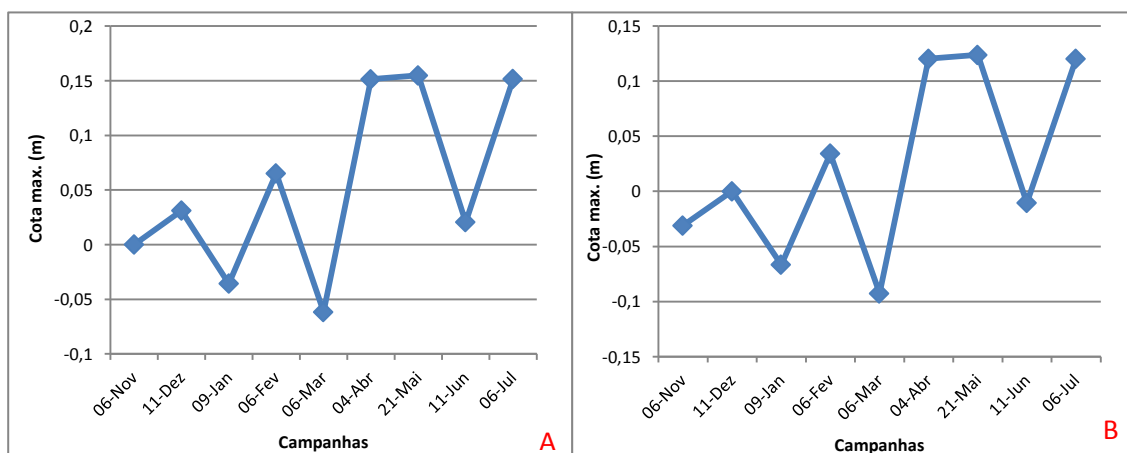


Figura V-45: Evolução da cota máxima na duna do perfil Sul na praia de Quiaios. A- Referência novembro; B- Referência dezembro.

Da análise da figura V-45 verifica-se que quando se considera novembro como referência ocorre um aumento da cota máxima de 0,15m, mas quando se considera o dezembro como referência ocorre um aumento de sedimentos de 0,12m. Pode-se assim concluir que a duna aumentou cerca de 0,12m.

5.2.3.2- Praia de Quiaios – Perfil Intermédio

As figuras V-46 a V-52 são relativas ao perfil intermédio na praia de Quiaios:

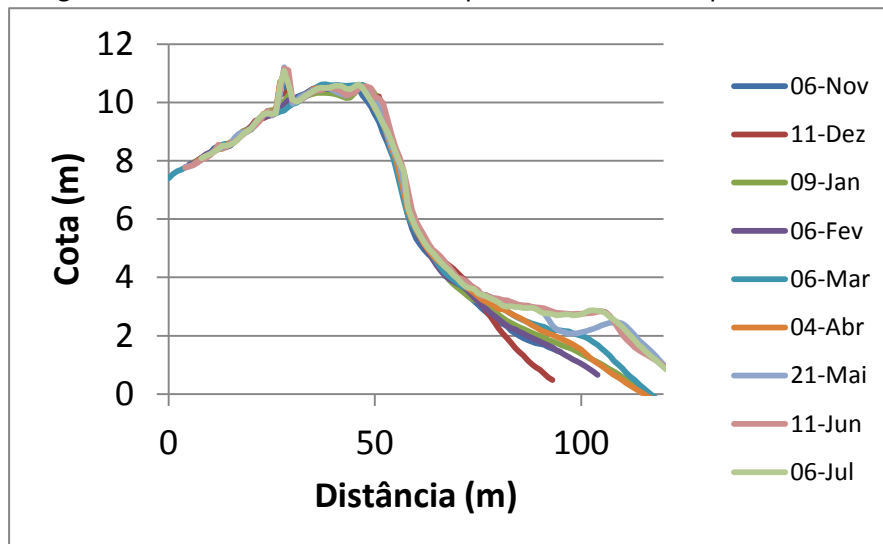


Figura V-46: Perfil transversal intermédio na praia de Quiaios 1ª à 9ª campanha.

Da análise de todos os perfis é visível que as alterações são frequentes ao longo de todo o trajeto, ocorrendo aumento e diminuição de sedimentos. A cota máxima da crista da duna oscila de 10,51 m a 10,62 m.

A figura V-47 representa a trajetória efetuada no plano, onde se visualizam as discrepâncias na direção da trajetória, que influencia algumas das discrepâncias detectadas nos perfis.

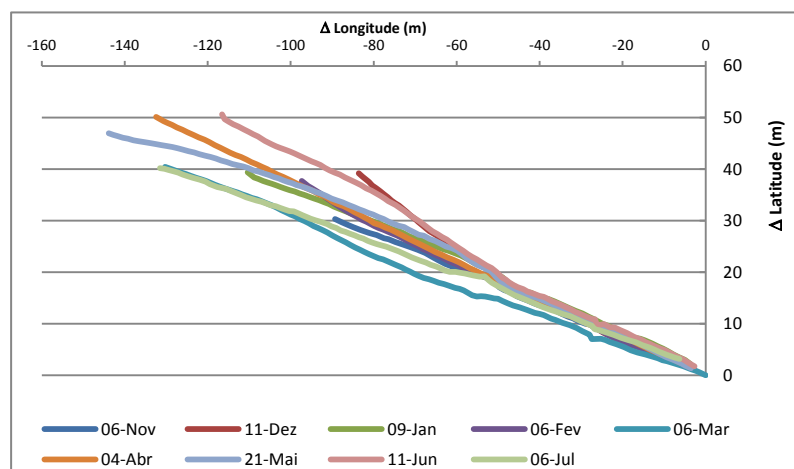


Figura V-47: Trajetória no plano.

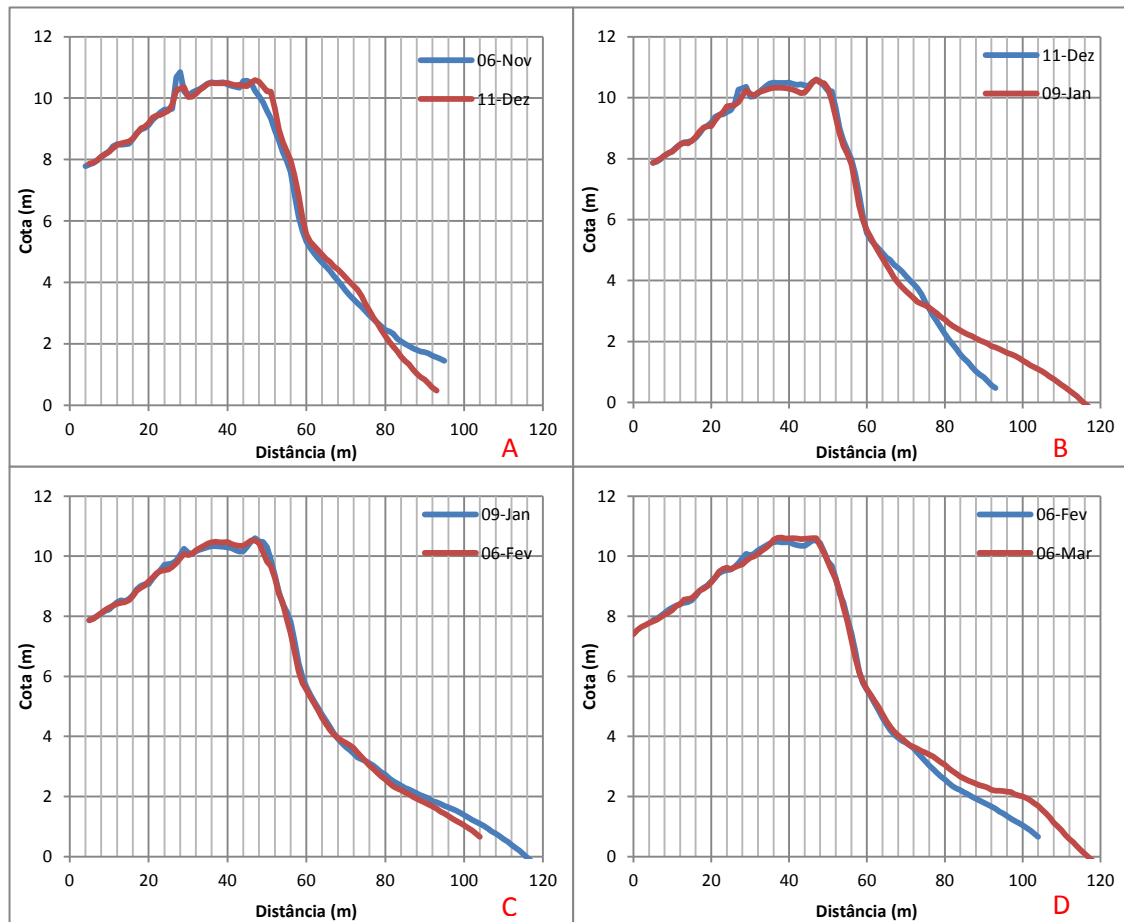


Figura V-48: Perfil transversal intermédio na praia de Quiaios – A) 1ª e 2ª campanhas; B) 2ª e 3ª campanhas; C) 3ª e 4ª campanhas e D) 4ª e 5ª campanhas.

Figura V-48A - Em comparação, verifica-se que o perfil de dezembro sofre um ligeiro aumento de sedimentos na frente dunar. A cota máxima da crista da duna é de 10,57m em novembro e 10,58m em dezembro.

Figura V-48B - Nos perfis de dezembro e janeiro, é visível uma diminuição de sedimentos no perfil de janeiro (34m aos 45m de distância e dos 62m aos 75m de distância). Ocorre um aumento de sedimentos a partir dos 75m de distância. A cota máxima da crista da duna é de 10,60m em janeiro.

Figura V-48C - Nos perfis de janeiro e fevereiro, é visível um aumento de sedimentos entre os 34m a 46m de distância e dos 68m aos 74m de distância. A cota máxima da crista da duna é de 10,53m em fevereiro.

Figura V-48D - Relativamente ao perfil efetuado em março, as cotas são inferiores na maioria do perfil, exceto dos 35m aos 47m e a partir dos 72m de distância (aumento de sedimentos). A cota máxima da crista da duna é de 10,63m, em março.

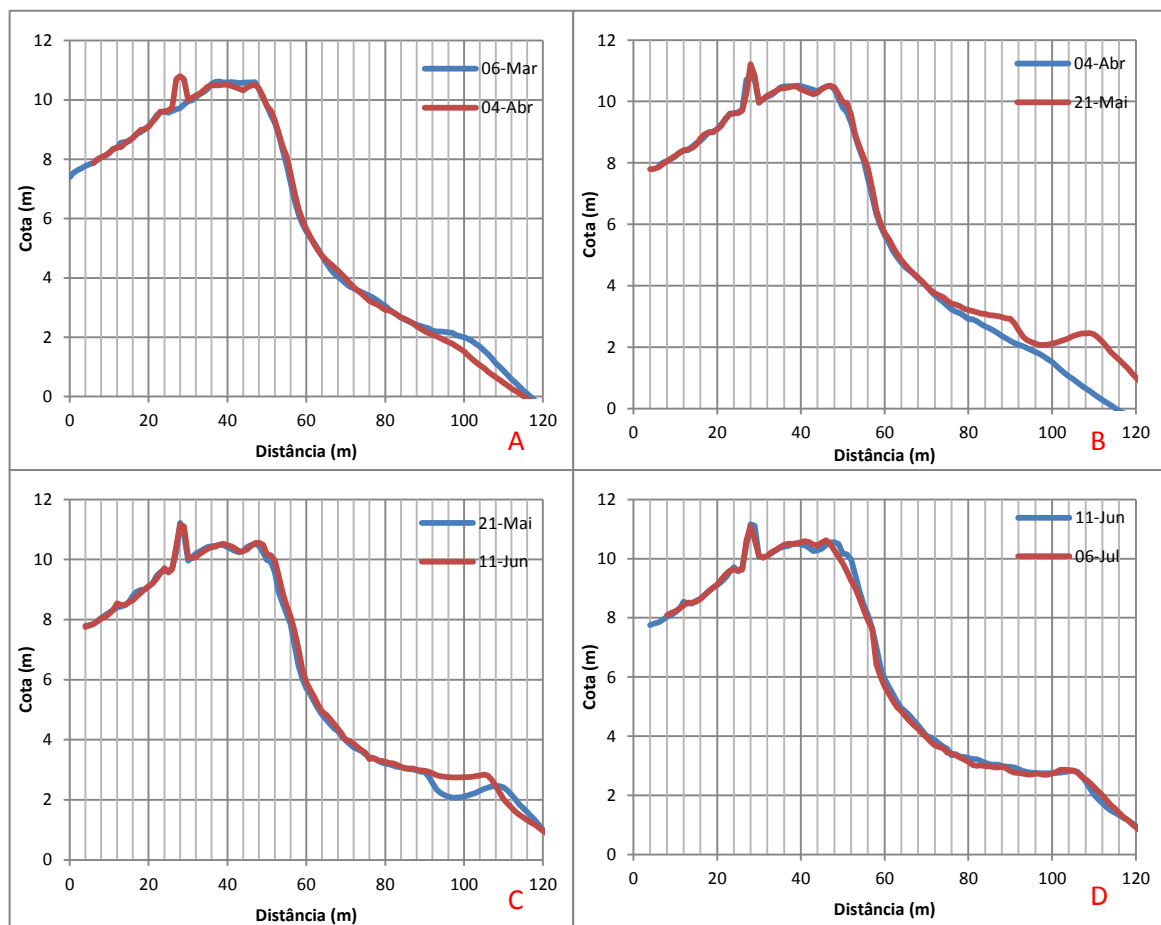


Figura V-49: Perfil transversal intermédio na praia de Quiaios – A) 5ª e 6ª campanhas; B) 6ª e 7ª campanhas; C) 7ª e 8ª campanhas e D) 8ª e 9ª campanhas.

Figura V-49A - Na comparação entre os perfis de março e abril é visível uma diminuição de sedimentos dos 35m aos 47m de distância e a partir dos 72m de distância. A cota máxima da crista da duna é de 10,52m em abril.

Figura V-49B - Nos perfis de abril e maio é visível uma ligeira diminuição de sedimentos em maio dos 38m aos 44m de distância. Por outro lado na frente da duna, especificamente a partir dos 47m de distância os valores da cota são superiores em maio relativamente a abril. A cota máxima da crista da duna é de 10,51m em maio.

Figura V-49C - O perfil de junho apresenta oscilações de cotas com o perfil de maio. A partir dos 47m de distância verifica-se um aumento ligeiro de sedimentos e a formação de uma berma aos 91m de distância. A cota máxima da crista da duna é de 10,55m em junho.

Figura V-49D - Nos dois últimos perfis verifica-se que ocorre aumento de sedimentos em julho, dos 38m aos 47m de distância e a partir dos 100m de distância, no entanto, nas restantes distâncias os valores são inferiores. A cota máxima da crista da duna em julho é de 10,63m.

A figura V-50 representa a variação da componente altimétrica (cotas dos perfis) considerando nessa análise as subtrações entre os valores de cota obtidos de duas em duas campanhas.

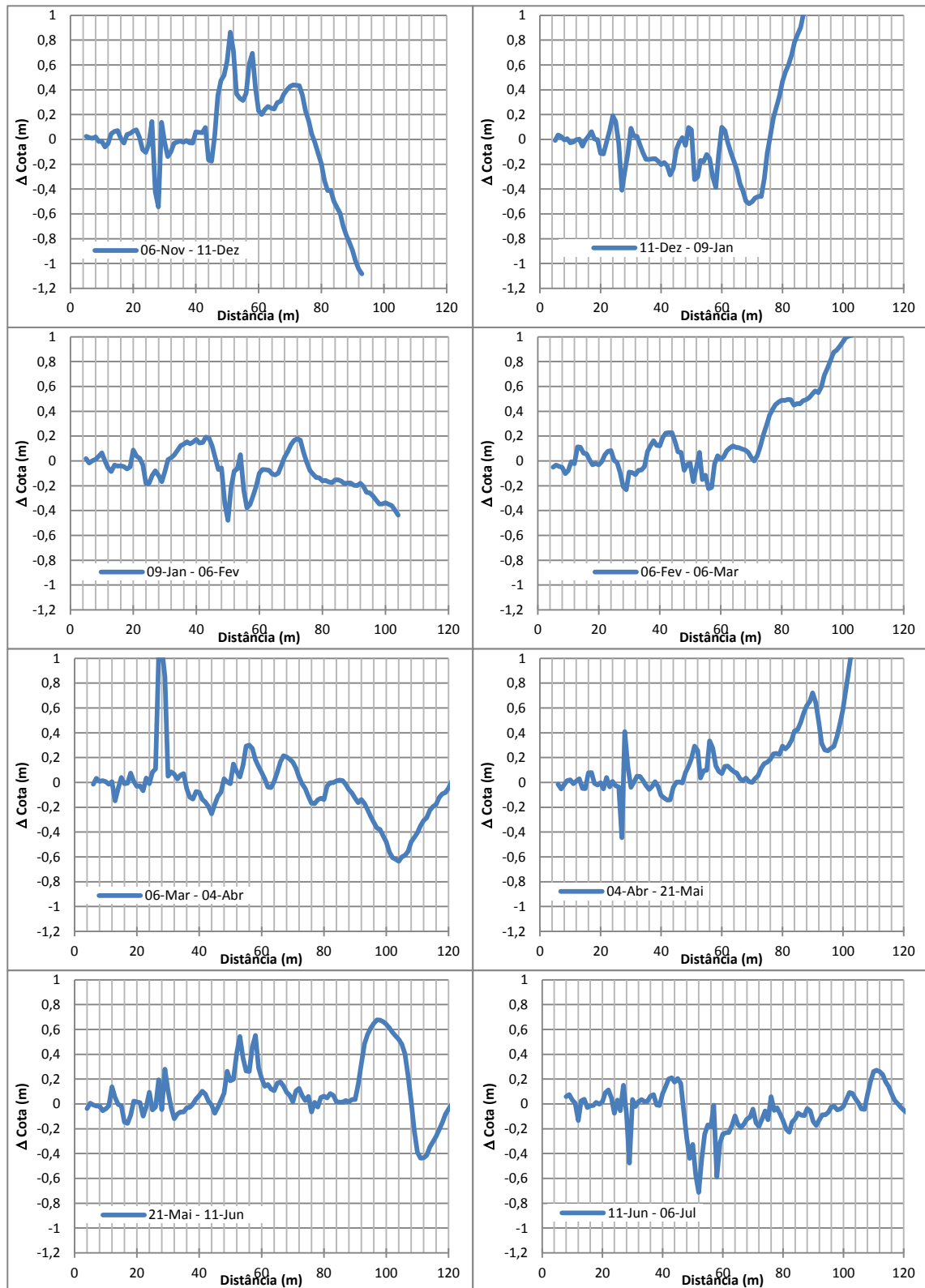


Figura V-50: Diferença de cotas no Perfil intermédio na praia de Quiaios.

Da análise das figuras V-50 verifica-se que as alterações são visíveis em todo o perfil, sendo mais acentuadas aos 24m, zona de transposição do passadiço e a partir dos 47m – frente dunar (variam entre 0m a 0,54m-maio-junho e dos 0m a -0,71m- junho-julho) e a partir dos 70m de distância, zona de influência da agitação marítima (variam dos 0m a valores superiores a 1m- dezembro-janeiro, fevereiro-março e abril-maio e dos 0m a valores superiores a -1m- novembro-dezembro).

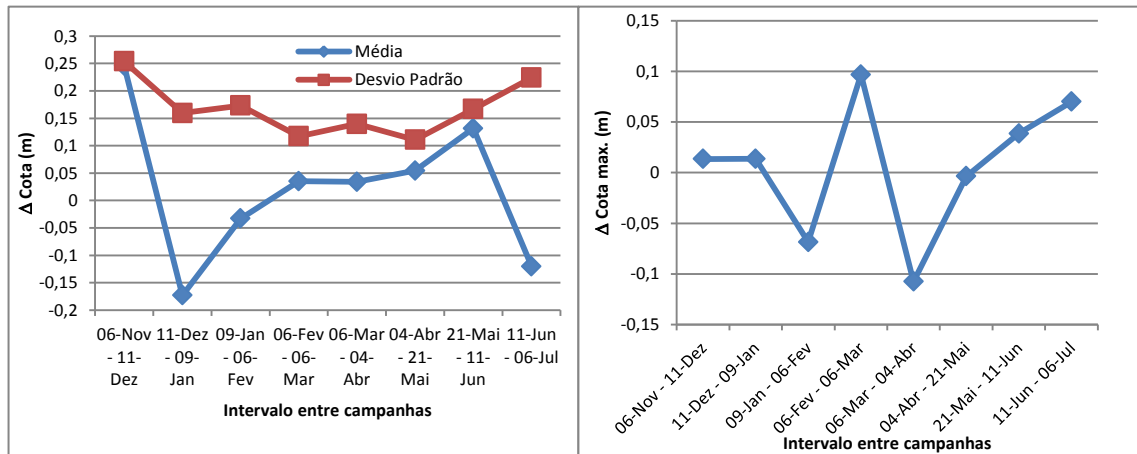


Figura V-51: Média e desvio padrão da diferença em relação à evolução da cota máxima da duna do perfil intermédio na praia de Quiaios.

Da análise da figura V-51 é visível que no perfil intermédio na praia de Quiaios ocorre uma alternância no aumento e diminuição da cota média de sedimentos (diminuição de novembro-dezembro para dezembro-janeiro e de maio-junho para junho-julho). Em comparação com o gráfico da variação da cota máxima da duna é visível que esta aumenta (0,06m).

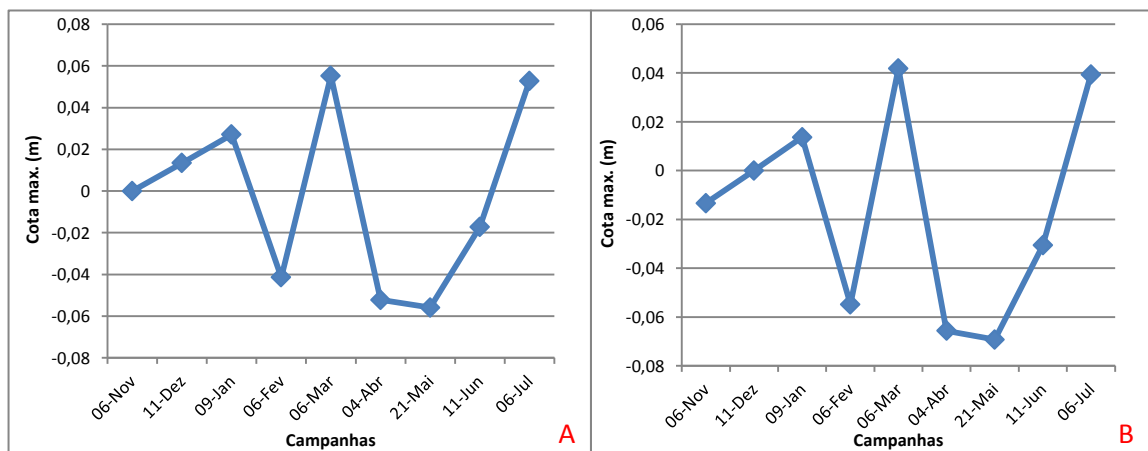


Figura V-52: Evolução da cota máxima na duna do perfil intermédio na praia de Quiaios. A- Referência novembro; B- Referência dezembro.

Da análise da figura V-52 verifica-se que quando se considera novembro como referência ocorre um aumento da cota máxima de 0,05m, mas quando se considera o dezembro como referência ocorre um aumento de sedimentos de 0,04m. Pode-se assim concluir que a duna aumentou cerca de 0,04m.

5.2.3.3 – Praia de Quiaios – Perfil Norte

As figuras V-53 a V-59 são relativas ao perfil Norte na praia de Quiaios:

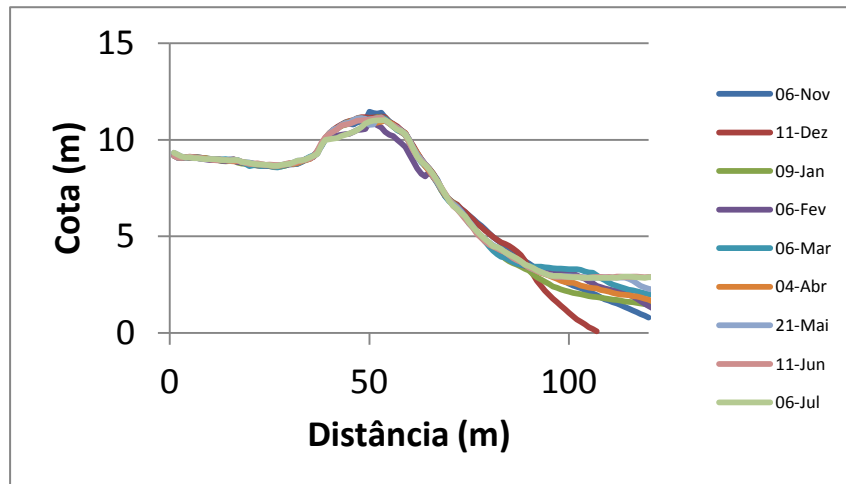


Figura V-53: Perfil transversal Norte na praia de Quiaios 1ª à 9ª campanha.

Da análise de todos os perfis é visível que as alterações são frequentes ao longo de todo o trajeto, ocorrendo aumento e diminuição de sedimentos, especificamente na zona da crista da duna, onde ocorre transposição do passadiço. A cota máxima da crista da duna oscila de 10,94 m a 11,46m.

A figura V-54 representa a trajetória efetuada no plano, onde se visualizam as discrepâncias na direção da trajetória, que influencia algumas das discrepâncias detectadas nos perfis.

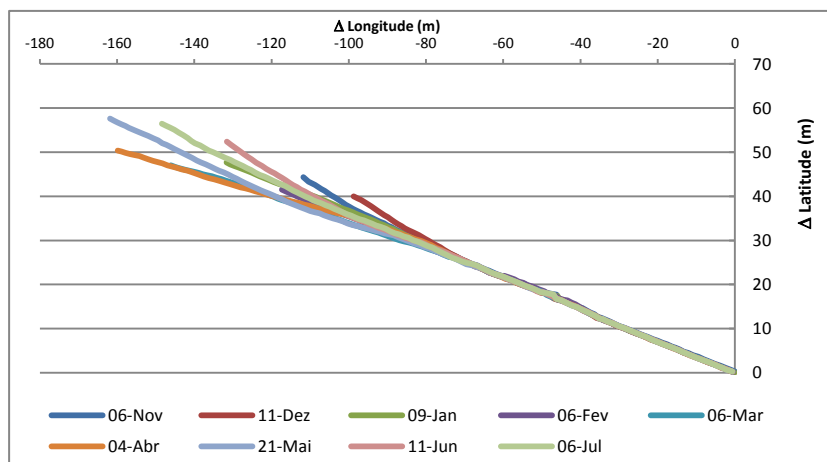


Figura V-54: Trajetória no plano.

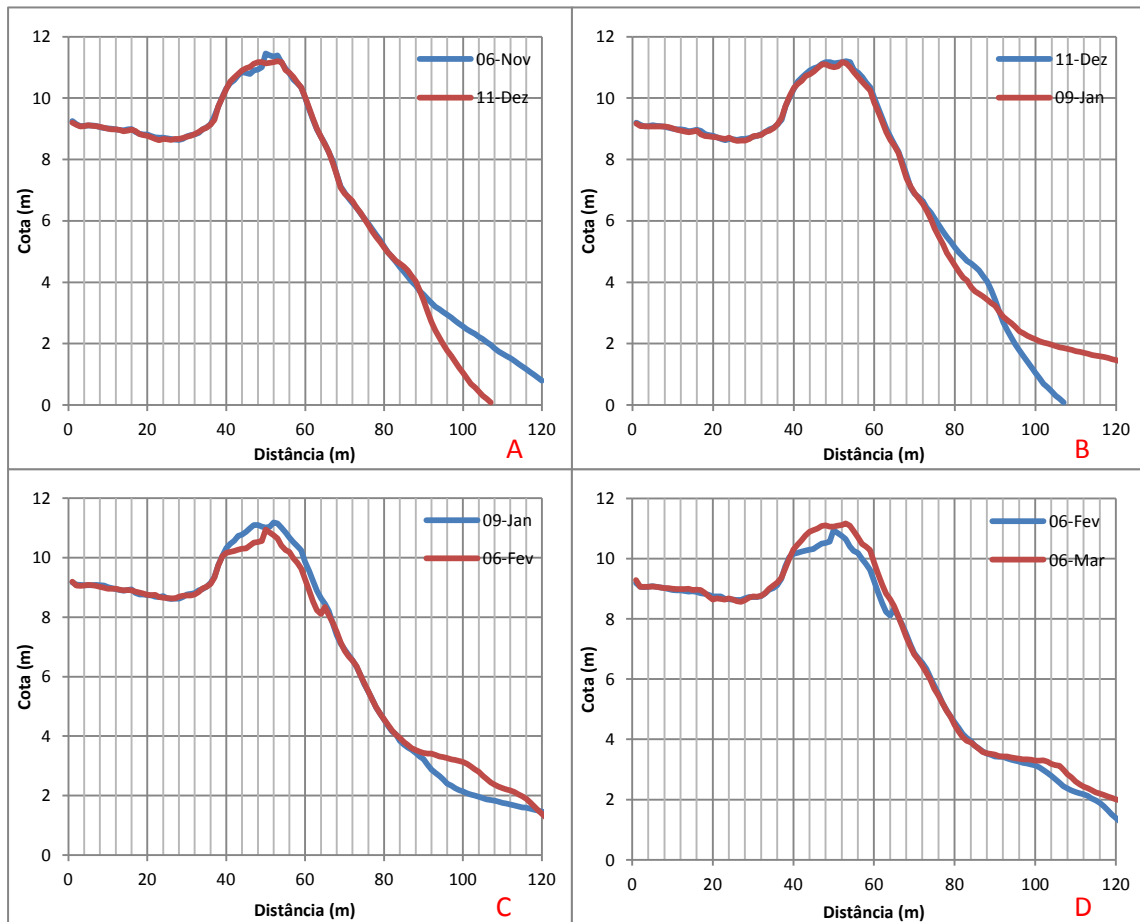


Figura V-55: Perfil transversal Norte na praia de Quiaios – A) 1ª e 2ª campanhas; B) 2ª e 3ª campanhas; C) 3ª e 4ª campanhas e D) 4ª e 5ª campanhas.

Figura V-55A - Os perfis não registam muitas alterações até cerca dos 40m de distância, mas dos 40m aos 53m de distância ocorre aumento e diminuição de sedimentos em dezembro e dos 83m aos 89m de distância ocorre aumento de sedimentos em dezembro. A partir dos 89m de distância diminui a quantidade de sedimentos. A crista da duna diminui de cota (cota máxima da crista da duna é de 11,46m em novembro e de 11,21m em dezembro).

Figura V-55B - Nos primeiros 41m de distância os perfis são idênticos, contudo dos 41m aos 59m e dos 71m aos 91m de distância ocorre diminuição de sedimentos em janeiro. A partir dos 91m de distância ocorre aumento de sedimentos. A cota máxima da crista da duna é de 11,18m em janeiro.

Figura V-55C - Em comparação, os perfis de janeiro e fevereiro são coincidentes até aos 39 m de distância, e dos 66m aos 83m de distância, no entanto, dos 39m aos 66m de distância ocorre uma diminuição de sedimentos (zona da crista da duna) em fevereiro e a partir dos 83m de distância

ocorre aumento de sedimentos em fevereiro. A cota máxima da crista da duna é de 10,94m, em fevereiro.

Figura V-55D - No perfil de março ocorrem ligeiras alterações até aos 39m, oscilações de aumento e diminuição de sedimentos. A partir dos 39m de distância ocorre aumento de sedimentos até ao fim do perfil. A cota máxima da crista da duna é de 11,16m, em março.

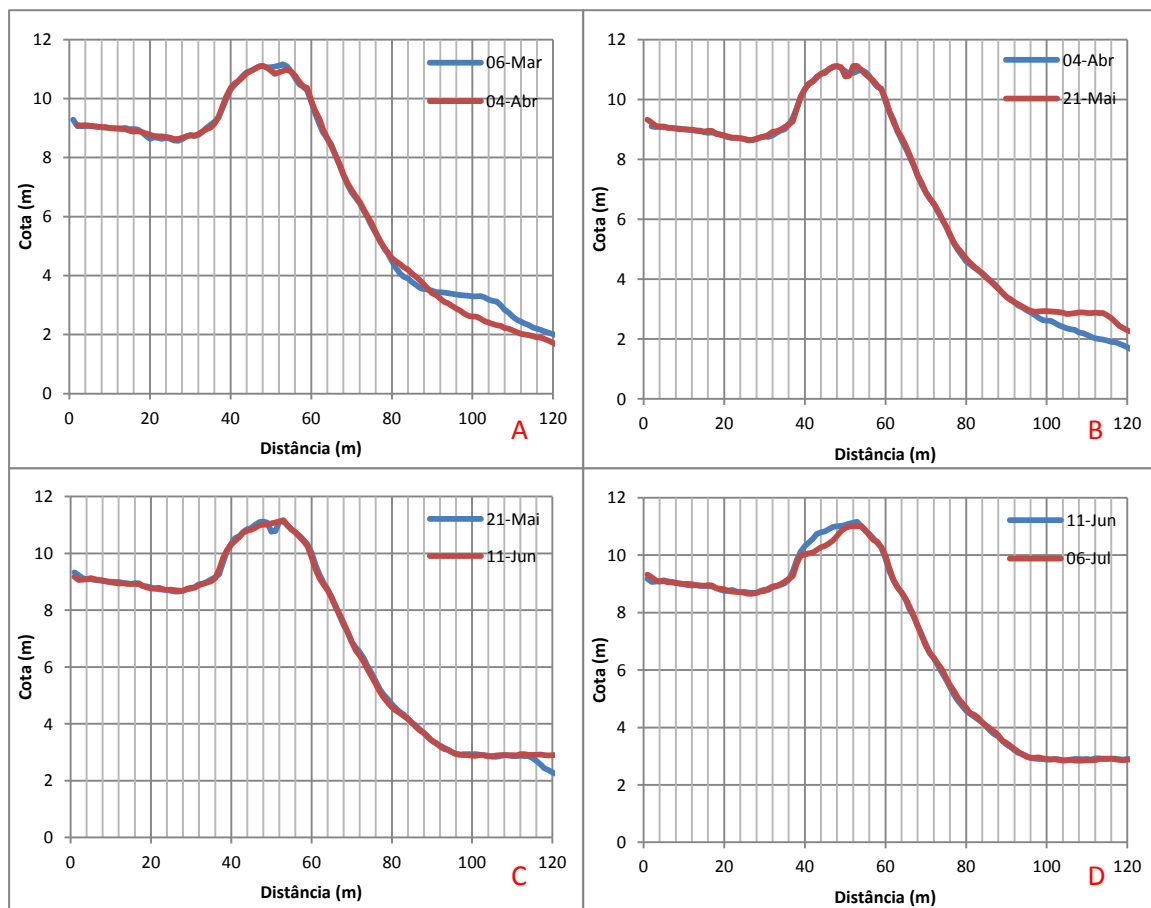


Figura V-56: Perfil transversal Norte na praia de Quiaios – A) 5ª e 6ª campanhas; B) 6ª e 7ª campanhas; C) 7ª e 8ª campanhas e D) 8ª e 9ª campanhas.

Figura V-56A - Os perfis não registam muitas alterações até cerca dos 49m de distância, mas dos 49m aos 54m de distância ocorre diminuição de sedimentos em abril. Dos 80m aos 89m de distância aumento de sedimentos em abril e a partir dos 89m de distância diminui a quantidade de sedimentos (abril). A cota máxima da crista da duna é de 11,12m (abril).

Figura V-56B - Os perfis de abril e maio são semelhantes até aos 48m de distância, após esta ocorre uma depressão e aumento de sedimentos até aos 54m. Após esta distância os valores de cota são ligeiramente superiores em maio. A cota máxima da crista da duna é de 11,12m, em maio.

Figura V-56C - O perfil de junho é, todo ele, semelhante ao de maio, exceto dos 40m aos 49m de distância (diminuição de sedimentos) e dos 49m aos 53m de distância e a partir dos 114m de distância com valores de cota superiores. A cota máxima da crista da duna é de 11,16m, em junho.

Figura V-56D - Da análise dos dois últimos perfis é visível que ocorrem ligeiras diferenças, mais acentuadas na zona da crista da duna, a qual possui uma maior cota em junho (11,16m) do que em julho (11,14m).

A figura V-57 representa a variação da componente altimétrica (cotas dos perfis) considerando nessa análise as subtrações entre os valores de cota obtidos de duas em duas campanhas.

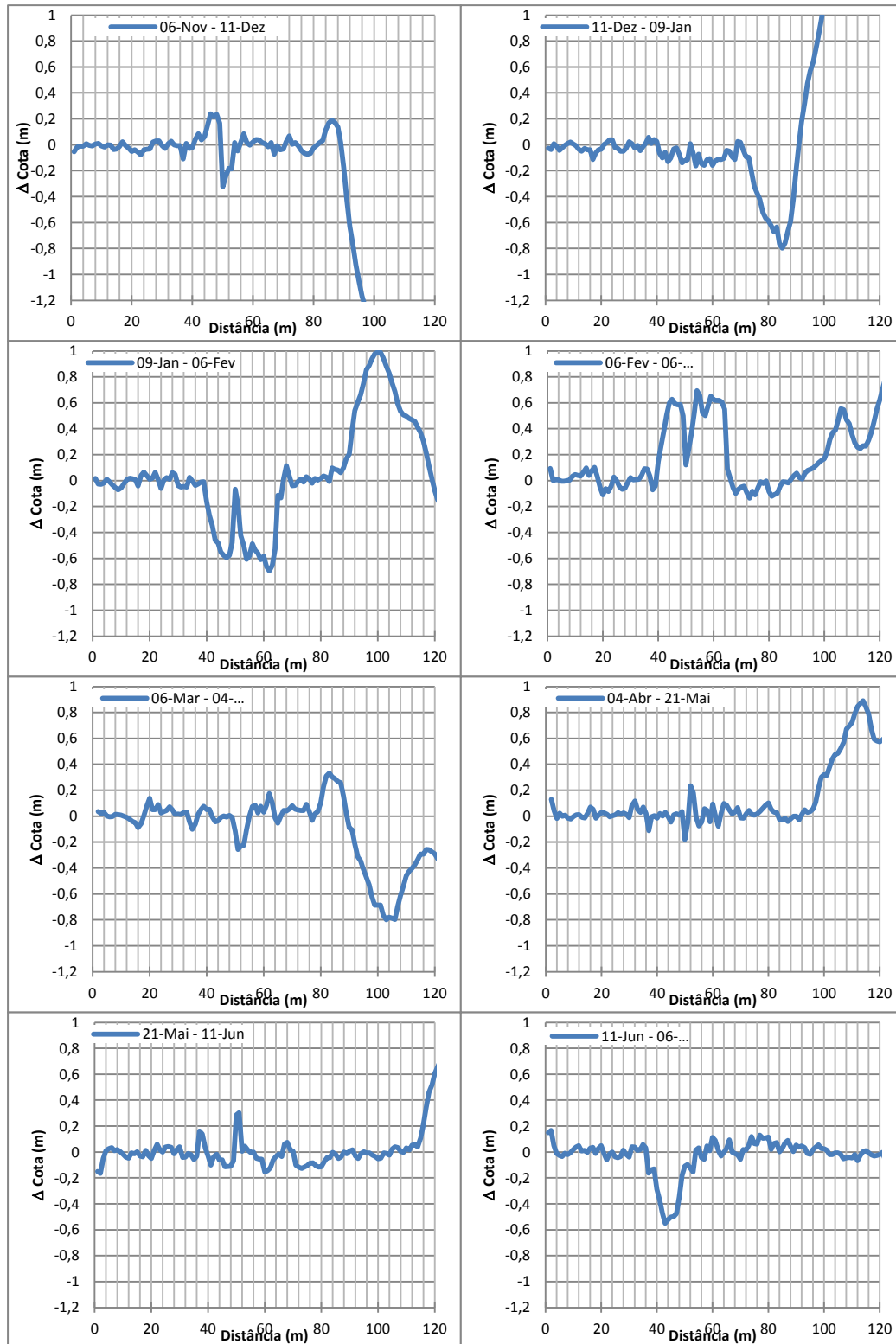


Figura V-57: Diferença de cotas no Perfil Norte na praia de Quiaios.

Da análise das figuras V-57 verifica-se que as alterações são visíveis em todo o perfil, sendo mais acentuadas dos 40m aos 60m (variam entre 0m a 0,69m- fevereiro-março e dos 0m a -0,66m- janeiro-fevereiro) e a partir dos 70m de distância (variam dos 0m a valores superiores a 1m- dezembro-janeiro; janeiro-fevereiro e abril-maio e dos 0m a valores superiores a -1m- novembro-dezembro).

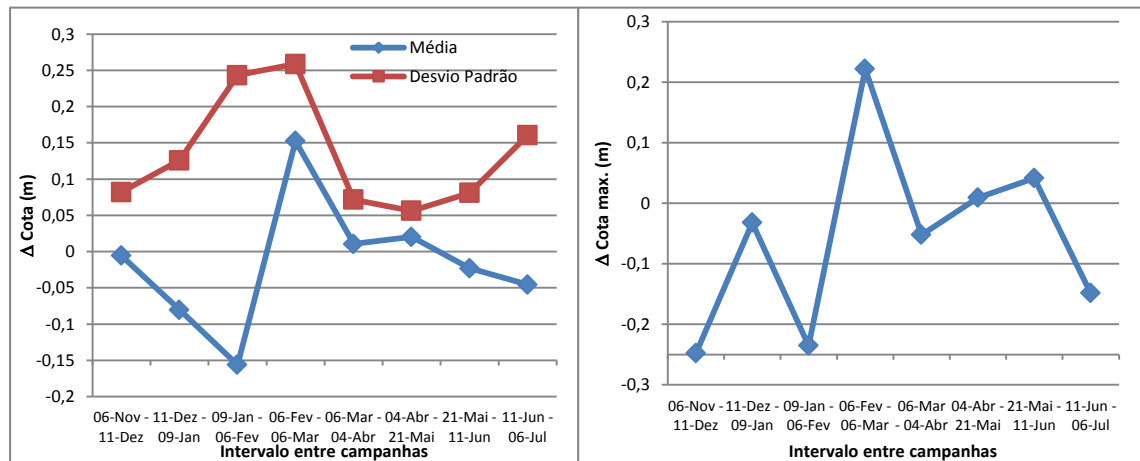


Figura V-58: Média e desvio padrão da diferença em relação com a evolução da cota máxima da duna do perfil Norte na praia de Quiaios.

Da análise da figura V-58 é visível que no perfil Norte na praia de Quiaios ocorre uma diminuição da cota média de sedimentos. Em comparação com o gráfico da evolução da cota máxima da duna é visível que esta aumenta (0,10m), contudo tem um aumento mais acentuado de janeiro-fevereiro a fevereiro-março (0,46m).

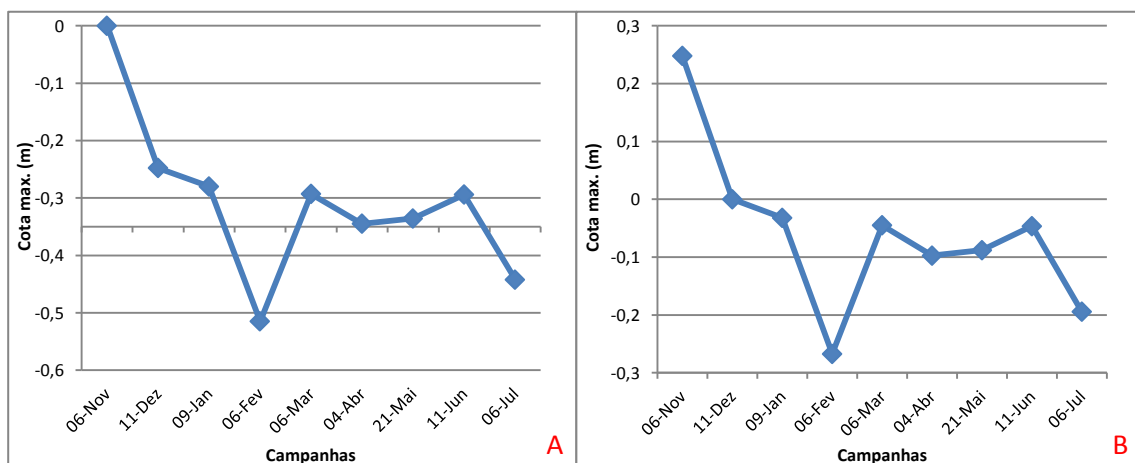


Figura V-59: Evolução da cota máxima na duna do perfil Norte na praia de Quiaios. A- Referência novembro; B- Referência dezembro

Da análise da figura V-59 verifica-se que quando se considera novembro como referência ocorre uma diminuição da cota máxima de 0,44m, mas quando se considera o dezembro como referência ocorre uma diminuição de sedimentos de 0,19m. Pode-se assim concluir que a duna diminuiu cerca de 0,19m.

5.3 - Identificação da vegetação

As dunas do litoral português, ao longo do tempo, têm sido degradadas, devido a ações naturais e antrópicas, o que destrói a riqueza florística residente nestes locais. A vegetação possui um papel importante tanto na formação como no desenvolvimento e principalmente na manutenção dos sistemas dunares. São as características morfológicas e fisiológicas da vegetação que acabam por estabelecer a captura e retenção dos sedimentos transportados pelo vento. Estas partículas acumuladas servem também de *stock* na altura das tempestades de inverno. A fragilidade destes ecossistemas e da sua vegetação deriva da pressão a que estão sujeitos. A vegetação nos sistemas dunares condiciona a fixação dos sedimentos e a consolidação das dunas definindo, desta forma, a extensão do próprio sistema dunar que está diretamente relacionada com o seu estado de degradação e vulnerabilidade.

Dada a importância da vegetação para a preservação do cordão dunar, é necessário analisar a vegetação existente nas zonas em estudo. A vegetação é classificada como vegetação construtora (*Ammophila arenaria* -estorno; *Elymus farctus* -feno-das-praias; *Euphorbia paralias* e *Otanthus maritimus*-coordeirinhos da praia) e vegetação protetora (*Calystegia soldanella*- couve marinha).

Neste estudo foi realizada a observação e o levantamento da vegetação predominante nas dunas, especificamente no cordão dunar frontal nas três praias estudadas. A espécie *Carpobrotus edulis* (chorão-das-praias) é considerada como indicadora de degradação por ser uma espécie invasora e oportunista.

5.3.1 - Vegetação das dunas na Praia de Mira

Relativamente à vegetação dunar existente na praia de Mira, trata-se de um tipo de vegetação dominada por espécies como *Calystegia soldanella* (couve-marítima) (fig. V-60), *Carpobrotus edulis* (chorão-das-praias) (fig. V-61), *Crucianella maritima* (Granza-marítima) (fig. V-62), *Eryngium maritimum* (cardo-marítimo) (fig. V-63), *Euphorbia paralias* (Morganheira-das-

praias) (fig. V-64) e *Honkenia peploides* (sapinho da praia) (fig. V-65). Todas as espécies se encontram na duna frontal.



Figura V-60: *Calystegia soldanella* (couve-marítima) (Praia de Mira a 21-05-2012).



Figura V-61: *Carpobrotus edulis* (chorão-das-praias) (Praia de Mira a 21-05-2012).



Figura V-62: *Crucianella maritima* (Granza-marítima) (Praia de Mira a 21-05-2012).



Figura V-63: *Eryngium maritimum* (cardo-marítimo) (Praia de Mira a 21-05-2012).



Figura V-64: *Euphorbia paralias* (Morganheira-das-praias) (Praia de Mira a 21-05-2012).



Figura V-65: *Honkenia peploides* (sapinho da praia) (Praia de Mira a 21-05-2012).

5.3.2 - Vegetação das dunas na Praia do Palheirão

Quanto à praia do Palheirão, na sua vegetação típica, encontram-se principalmente espécies como a *Calystegia soldanella* (couve-marítima) (fig. V-66), *Elymus farctus* (feno-das-areias) (fig. V-67), *Euphorbia paralias* (Morganheira-das-praias) (fig. V-68), *Otanthus maritimus* (cordeiros da praia) (fig. V-69) e *Ammophila arenaria* (estorno) (fig. V-70). Todas as espécies se encontram na duna frontal.



Figura V-66: *Calystegia soldanella* (couve-marítima) (Praia do Palheirão a 21-05-2012).



Figura V-67: *Elymus farctus* (feno-das-areias), (Praia do Palheirão a 21-05-2012).



Figura V-68: *Euphorbia paralias* (Morganheira-das-praias) (Praia do Palheirão a 21-05-2012).

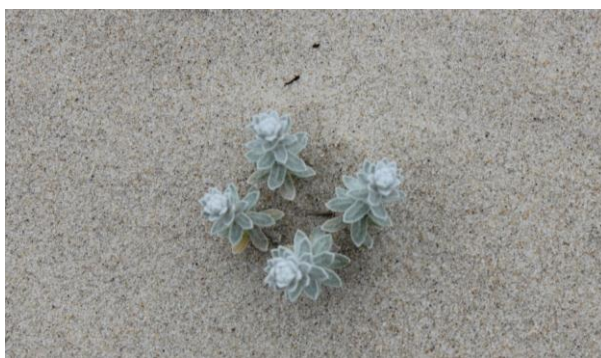


Figura V-69: *Otanthus maritimus* (cordeiros-da-praia) (Praia do Palheirão a 21-05-2012).



Figura V-70: *Ammophila arenaria* (estorno) (Praia do Palheirão a 21-05-2012).

5.3.3 - Vegetação das dunas na Praia de Quiaios

Na praia de Quiaios existem diversas espécies de vegetação: na praia especificamente no nível da maré alta, domina a espécie *Elymus farctus*, mais conhecida por feno das areias; no cordão litoral encontram-se diversas espécies, destacando-se predominância da *Ammophila arenaria* (estorno) (fig. V-71) e a *Artemisia crithmifolia* (Erva-Lombrigueira; madorneira) (fig. V-72), entre outras, como a *Calystegia soldanella* (couve-marítima) (fig. V-73), a *Carpobrotus edulis* (chorão-das-praias) (fig. V-74), a *Eryngium maritimum* (cardo-marítimo) (fig. V-75) e a *Euphorbia paralias* (Morganheira-das-praias) (fig. V-76).



Figura V-71: *Ammophila arenaria* (estorno) (Praia de Quiaios a 20-05-2012).

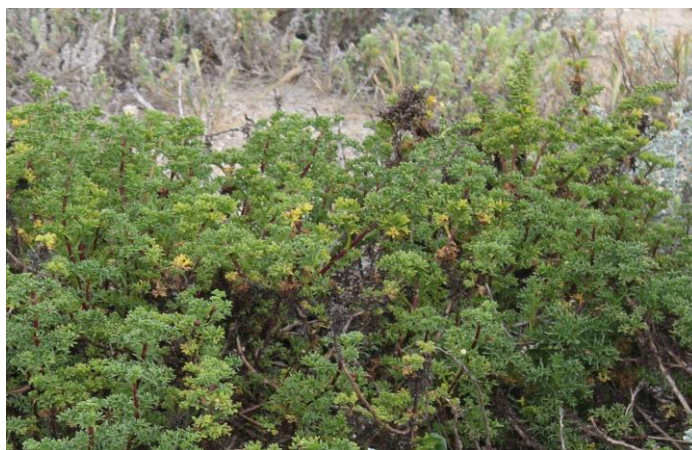


Figura V-72: *Artemisia crithmifolia* (Erva-Lombrigueira; madorneira) (Praia de Quiaios a 20-05-2012).



Figura V-73: *Calystegia soldanella* (couve-marítima) (Praia de Quiaios a 20-05-2012).



Figura V-74: *Carpobrotus edulis* (chorão-das-praias) (Praia de Quiaios a 20-05-2012).



Figura V-75: *Eryngium maritimum* (cardo-marítimo) (Praia de Quiaios a 20-05-2012).



Figura V-76: *Euphorbia paralias* (Morganheira-das-praias) (Praia de Quiaios a 20-05-2012).

Comparando as três praias, a espécie *Calystegia soldanella* e *Euphorbia paralias* ocorre naturalmente nas três praias em estudo. A espécie *Carpobrotus edulis* e a espécie *Eryngium maritimum* ocorre apenas nas praias de Mira e Quiaios. A espécie *Carpobrotus edulis* serve como indício de que o estado do local não se encontra nas melhores condições, pois é uma espécie introduzida que não permite o desenvolvimento das autóctones (Marchante *et al.*, 2008). Assim, existem espécies que só ocorrem numa das praias, como é o caso da espécie *Crucianella maritima* e *Honkenia peploides* na praia de Mira; a espécie *Elymus farctus* e *Otanthus maritimus* na praia do Palheirão e na praia de Quiaios a espécie *Artemisia crithmifolia*. Da observação e análise efetuada, o efeito geral da vegetação é o mesmo, ou seja, tem função de proteção, contudo não se pode afirmar que a biodiversidade seja de qualidade semelhante, pois cada uma das espécies tem funções diferentes e existem mais espécies nas praias, contudo as descritas são as espécies predominantes. Esta informação e análise permitem, através de algumas espécies, clarificar o estado das dunas e a sua vulnerabilidade, sendo este mais um fator a ter em conta na análise da dinâmica da duna frontal e auxiliando assim, na análise do objetivo de estudo.

CAPÍTULO VI – Discussão de Resultados

VI. Discussão de Resultados

A análise e discussão de resultados têm como objetivo testar a hipótese da investigação. Para tal, a avaliação dos resultados procura responder a duas questões:

- Num ano atípico de reduzida pluviosidade e vento, qual a ordem de grandeza na variação do perfil da duna (especificamente a crista e frente da duna)?
- Qual a relação entre essa ordem de grandeza de variação da duna e a intensidade da ação antrópica na praia?

Nesta análise tenta-se isolar as variações resultantes da variação sazonal do perfil da praia que possam afetar a duna. O perfil de praia varia, naturalmente, em função das condições de agitação marítima. Durante o inverno marítimo, os sedimentos migram da praia emersa para a praia submersa, por ação das condições de agitação e de maré as quais podem, em caso de temporal e/ou maré viva, atacar a duna. Durante o verão as condições climatéricas são opostas e os sedimentos migram da praia submersa para a praia emersa, (re)construindo o perfil da mesma. Mesmo num ano atípico de reduzida pluviosidade e vento, a influência da agitação marítima deverá ser suficientemente elevada para causar uma significativa sazonalidade do perfil da praia, especificamente no limite entre a antepraia e a praia propriamente dita.

A análise dos resultados é estruturada em três partes:

- Análise dos resultados para cada perfil ao longo do ano, avaliando a ordem de grandeza da variação do perfil da duna, possíveis causas e o impacte da incerteza/erro das medições.
- Análise comparativa entre os perfis de cada praia e entre as três praias estudadas, procurando avaliar a relação entre a ordem de grandeza da variação da duna e a intensidade da ação antrópica.
- Avaliação da vegetação existente como indicador do impacte antrópico e estado de consolidação da duna.

Para cada perfil, são avaliados:

- A evolução da berma, demonstrando a ação da agitação marítima.
- A alteração do perfil da duna, procurando identificar a ocorrência de erosão ou acreção de sedimentos na duna, acoplados aos seguintes dois parâmetros:

- 1) A variação da cota máxima da crista da duna
- 2) A variação da cota média da duna e frente da duna.

As praias de Mira e Quiaios foram selecionadas como casos de estudo representando praias com elevado impacte antrópico. A praia do Palheirão foi selecionada como praia de controlo, assumindo um reduzido impacte antrópico sendo uma praia menos frequentada e com um cordão dunar consolidado.

Para as três praias considera-se para a análise o perfil efetuado em novembro como campanha exploratória, não sendo por isso determinante e considerado para a análise do objetivo de estudo, tendo em conta que as condições em que foram efetuadas as medições (perfil e tipo de maré).

Adicionalmente, a existência de passadiços na crista da duna limita a análise da evolução da altura máxima da crista. Para os perfis realizados em Quiaios Sul, Quiaios Norte e Palheirão Norte, onde a transposição do passadiço (capítulo IV- Material e Metodologia - subsecção 4.2.2.9- Erro/Impacte devido a condições externas) é efetuado na zona da crista da duna, a análise da cota máxima da crista da duna é pré-determinada pela existência do passadiço. Na análise destes perfis, têm-se em conta a evolução da frente da duna, e formações geomorfológicas (*nebkas*).

6.1 - Discussão dos resultados dos perfis na Praia de Mira

Para a praia de Mira (caso de estudo de uma praia de expectável impacte antrópico - capítulo III – *Área de Estudo*) são analisados os resultados obtidos para os três perfis transversais. Os dados climatéricos da estação meteorológica de Aveiro são utilizados como referência para a análise da praia de Mira.

6.1.1 - Perfil Transversal Sul na Praia de Mira

No perfil transversal Sul na praia de Mira (a Norte do esporão Norte) observa-se a existência de uma berma em todos os períodos em todas as campanhas entre dezembro a julho (fig. V-4 e fig. V-5, distância 120-200m, cota aproximadamente de 5m). Ao longo do período de observação as maiores alterações ocorrem na zona de formação da berma (fig. V-2). Apesar de

ocorrerem variações na zona de formação da berma, a frente da duna permanece estável ao longo do período de observação.

Esta análise é confirmada pela evolução da cota máxima da crista da duna. Os resultados (fig. V-8B) demonstram que a cota máxima diminui cerca de 0,06m entre dezembro de 2011 e julho de 2012. No entanto, este resultado deve ser avaliado tendo em conta a incerteza experimental. Como demonstrado no capítulo IV - *Material e Metodologia* – 4.2.2.9- Erros das medições no plano vertical, a incerteza da cota medida é de $\pm 0,0586\text{m}$ e a incerteza da diferença entre dois perfis é de $\pm 0,0829\text{m}$. A diferença de cota máxima registada entre dezembro de 2011 e julho de 2012 é inferior ao intervalo de incerteza.

Adicionalmente, é necessário considerar a incerteza da trajetória do perfil. Os resultados da projeção da trajetória do perfil no plano horizontal (fig. V-3) demonstram diferenças nas trajetórias dos perfis das diversas campanhas. Estas diferenças são o resultado, não só apenas do erro da trajetória inerente ao transporte manual do equipamento de medição, mas são igualmente uma consequência da ação antrópica na praia. Devido à presença e impacte dos utilizadores da praia, especialmente arte xávega e turismo, entre campanhas diversos obstáculos foram adicionados e removidos da trajetória dos perfis (equipamento de pesca e associado, turistas), que impossibilitaram a repetição de trajetórias.

A análise da variação da cota na direção perpendicular (ver resultados capítulo V- *Resultados*- 5.2.1.1- Praia de Mira-Perfil Sul) indica que a incerteza na trajetória do perfil pode, em certos segmentos do perfil, resultar em incertezas da escala observadas nas diferenças entre perfis. É possível concluir que um dos resultados da ação antrópica é aumentar a incerteza na quantificação da própria ação antrópica.

Um outro parâmetro avaliado é a evolução da altura média da duna entre campanhas (fig. V-7), quantificada no intervalo de 0-120m. Entre dezembro de 2011 e julho de 2012, a altura média do perfil aumentou 0,014m/mês, um valor dentro do intervalo de incerteza devido ao erro/incerteza da trajetória.

Os resultados da variação do perfil de cotas indicam que não ocorreu uma variação significativa do perfil. Adicionalmente, neste perfil não foram encontrados indícios de erosão da duna. Pode-se inferir que a dinâmica da duna é nula e que o passadiço que se situa nesta zona atua como um acumulador de sedimentos e auxilia na manutenção da duna.

6.1.2 - Perfil Transversal Intermédio na Praia de Mira

No perfil transversal intermédio na praia de Mira (zona da marginal) ocorrem discrepâncias na sétima (maio), oitava (junho) e nona campanha (julho), especificamente no aumento de cota da berma proveniente do estado de agitação marítima, o qual tem a capacidade de mobilizar sedimentos entre zonas da praia. O vento nestes três meses foi respetivamente de SW (15,13 km/h), S (12,6 km/h) e NW (7,82 km/h), não sendo por isso considerados como relevantes para as discrepâncias descritas, mesmo tendo em conta uma pluviosidade de <1mm/dia. Ao longo do período de observação as maiores alterações ocorrem na zona da formação da berma (fig. V-9) e na zona da crista da duna.

No entanto é necessário considerar a incerteza devido à trajetória do perfil. A zona do perfil intermédio da praia de Mira é alvo de relevante ação antrópica durante todo o ano, especialmente utilização por turistas. A presença de obstáculos na trajetória limitou a repetibilidade da trajetória do perfil (fig. V-10). Esta limitação é particularmente óbvia na campanha de julho de 2012, onde a elevada ocupação da praia por turistas levou à medição de um perfil numa trajetória paralela às campanhas anteriores. Embora os resultados da evolução da berma sejam afetados por esta incerteza na trajetória, a evolução da berma no perfil intermédio é consistente em ordem de grandeza com o que foi medido no perfil Sul na praia de Mira.

O maior impacto da incerteza da trajetória ocorre na quantificação da cota máxima da duna e cota média da duna. No perfil intermédio na praia de Mira o valor máximo de cota ocorre ao início do perfil, onde a duna termina/inicia-se num muro artificial. A variação da cota máxima (fig. V-15B) entre dezembro de 2011 e abril de 2012 é inferior à incerteza de medição do sistema para a diferença entre campanhas $\pm 0,0829\text{m}$, enquanto as variações positivas em maio e junho de 2012 são apenas ligeiramente superiores ao intervalo de incerteza. O decréscimo de cota máxima registado em julho de 2012 não pode ser considerado como relevante tendo em conta a diferença entre a localização do perfil nesta campanhas e nas campanhas anteriores. No entanto, a pequena variação indica que, mesmo nesta zona de elevada utilização/ação antrópica, o perfil da duna manteve-se constante ao longo do período de observação.

A análise da variação da cota média da duna no intervalo 0-60m (fig. V-14) indica um ligeiro aumento da altura da duna de $+0,011\text{m/mês}$, um valor que, embora consistente com o observado para o perfil Sul, encontra-se dentro do intervalo de incerteza devido ao erro/incerteza de trajetória.

Tal como o perfil Sul, o perfil intermédio na praia de Mira não apresenta variações significantes ao longo do período de observação.

6.1.3 - Perfil Transversal Norte na Praia de Mira

No perfil transversal Norte na praia de Mira verifica-se a formação de uma berma entre a quarta (fevereiro) e a quinta campanha (março) a partir dos 84m de distância e com cota superior a 3m, que se conclui dever-se à agitação marítima (média de 1,98 m e 1,95m) e não aos ventos de W com intensidade de 14,4 km/h, insuficientes para mobilizar as partículas arenosas (pluviosidade <1mm/dia).

Semelhante ao perfil intermédio, a cota máxima do perfil Norte na praia de Mira ocorre ao início do perfil, onde este é interrompido por um muro artificial. Como no caso do perfil intermédio, a análise da variação da cota máxima (fig. V-22B) não é conclusiva, sendo devido ao elevado gradiente de cota no início do perfil, muito sensível a diferenças entre campanhas no ponto inicial do perfil.

Uma análise mais relevante é a variação da cota média do perfil no intervalo 0-60m (fig.V-21). A cota média do perfil neste intervalo variou em média 0,00m/mês entre dezembro de 2011 e julho de 2012, ou seja significa que não variou.

Esta dinâmica nula da duna é relevante devido ao facto de este perfil se encontrar numa zona de ação antrópica potencialmente elevada, pois nesta zona da praia é praticada arte xávega (passadiço próximo aos armazéns de venda de pescado).

6.2 - Discussão dos resultados dos perfis na Praia do Palheirão

Para a praia do Palheirão (caso de estudo de uma praia de expectável reduzido impacte antrópico, capítulo III- *Área de Estudo* -3.2.2- Praia do Palheirão) são analisados os resultados obtidos para os dois perfis transversais. Os dados climatéricos da estação meteorológica de Aveiro são utilizados como referência para a análise da praia do Palheirão.

6.2.1 - Perfil Transversal Sul na Praia do Palheirão

No perfil transversal Sul na praia do Palheirão a crista da duna ocorre sobre o passadiço. Este encontra-se danificado e soterrado de sedimentos. Pela análise da figura V-29, é visível que a variação da cota máxima entre dezembro de 2011 e julho de 2012 é inferior à incerteza da diferença entre medições da cota.

Adicionalmente, a cota média da duna no intervalo 0-100m variou 0,00m/mês entre dezembro de 2011 e julho de 2012, ou seja não variou.

Neste perfil, a duna manteve-se estável, não tendo ocorrido variações significantes da duna.

6.2.2 - Perfil Transversal Norte na Praia do Palheirão

No perfil transversal Norte na praia do Palheirão a cota máxima da duna situa-se sobre a sobre o passadiço longitudinal. Como o passadiço é parcialmente soterrado em sedimentos, as variações da cota máxima (fig. V-36) entre campanhas não representam variações da duna, mas são principalmente um erro experimental devido ao transporte do sistema móvel de GPS sobre o passadiço. A cota média da duna no intervalo 0-100m (fig. 36) varia 0,005m/mês entre dezembro de 2011 e julho de 2012. Na frente dunar é observada a existência de uma *nebka*. A variação observada da cota da *nebka* não é conclusiva devido à incerteza na trajetória do perfil no ponto de localização da *nebka*.

6.3 - Discussão dos resultados dos perfis na Praia de Quiaios

A praia de Quiaios é uma praia muito frequentada durante todo o ano (capítulo III – Área de Estudo). Na análise dos resultados obtidos nesta praia são utilizados os dados meteorológicos referentes à estação meteorológica da Figueira da Foz. Os resultados obtidos para os três perfis transversais são descritos nesta secção.

6.3.1 - Perfil Transversal Sul na Praia de Quiaios

No perfil transversal Sul na praia de Quiaios registam-se alterações significativas no período entre campanhas, propriamente na zona baixa da praia (a partir dos 80 m de distância-

formação da berma – especificamente em fevereiro - com cerca de 4m de cota). Estas alterações podem ser atribuídas a efeitos naturais, especialmente devido à agitação marítima, no entanto, a diferença de trajetória entre perfis nesta zona também pode ser relevante para a variação verificada. Os ventos registados (máximo: 18,05km/h e mínimo: 7,61km/h) e a quantidade de pluviosidade sentida (na maior parte do ano <1 mm/dia, contudo atingiu os 4mm/dia em novembro) não apresentam intensidades suficientes para mobilizar sedimentos (capítulo III- *Área de Estudo* - 3.4.1.1. Pluviosidade).

O passadiço longitudinal localiza-se no topo da frente dunar, a transposição do passadiço aquando das medições explica as variações de cota registadas no topo da frente dunar.

Apesar das variações registadas da cota máxima da duna (fig. V-44) serem ligeiramente superiores à margem de incerteza experimental, a análise da variação da cota média no intervalo 0-60m indica que a cota média variou -0,02m/mês entre dezembro de 2011 e julho de 2012. No entanto, esta variação é o resultado da diferença entre as campanhas de dezembro de 2011 e janeiro de 2012. Estas duas campanhas têm uma pequena, mas visível diferença na trajetória do perfil. Entre janeiro de 2011 e julho de 2012, quando a diferença de trajetória do perfil é mais reduzida, a variação média da cota média é de 0,00m/mês, ou seja, significa que não variou.

O perfil Sul na praia de Quiaios não apresenta variações significativas do perfil ao longo do período de observação.

6.3.2 - Perfil Transversal Intermédio na Praia de Quiaios

A análise dos resultados do perfil transversal intermédio na praia de Quiaios apresenta os mesmos desafios encontrados nos resultados do perfil transversal intermédio na praia de Mira. Devido à existência de obstáculos e utentes na praia, a repetibilidade da trajetória dos perfis foi afetada. A diferença da trajetória gera uma incerteza na avaliação da variação de cota do perfil.

A avaliação do ponto de cota máxima (figura V-52B), efetuada na crista da duna (intervalo 30-50m) após a localização do passadiço longitudinal (distância= 28m) apresenta valores de variação de cota máxima inferiores à incerteza experimental ($\pm 0,0829$). A média de variação da cota média (fig. V-51) no intervalo 30-70m é de 0,01m/mês entre dezembro de 2011 e julho de 2012.

O perfil da duna apresenta-se estável durante o período de observação.

6.3.3 - Perfil Transversal Norte na Praia de Quiaios

No perfil transversal Norte na praia de Quiaios a crista da duna é definida pelo passadiço longitudinal que a sobrepõe.

A análise da variação da cota máxima da duna é irrelevante para este perfil, pois esta é definida pelo passadiço.

Os resultados das diferentes campanhas apresentam dois relevantes pontos. A campanha de fevereiro de 2012 apresenta uma enorme variação da forma da crista da duna em relação às campanhas de janeiro de 2012 e março de 2012. Como os resultados da forma do perfil de janeiro de 2012 e março de 2012 são quase idênticos, somos levados a concluir que os resultados da campanha de fevereiro não são consistentes. No entanto, após revisão dos resultados experimentais, uma razão para esta inconsistência não foi encontrada.

O resultado da campanha de julho de 2012 apresenta uma significativa perda de sedimentos anterior à crista da duna/passadiço longitudinal. Esta perda foi visualizada aquando da campanha. Uma justificação para esta perda ainda não foi encontrada, no entanto, esta zona da praia de Quiaios é utilizada para atividades desportivas (surf).

Avaliando a variação da cota média da duna no intervalo 0-80m, esta mantém-se estável entre janeiro de 2012 e junho de 2012, com uma variação média de $-0,012\text{m/mês}$. No entanto, devido à perda de sedimentos entre junho de 2012 e julho de 2012, a cota média da duna diminui $-0,045\text{m}$ entre as duas campanhas.

O perfil Norte na praia de Quiaios apresentou-se estável durante quase todo o período de observação, com a exceção da última campanha. Este resultado difere dos outros resultados para os outros perfis na praia de Quiaios e para as outras praias.

6.4 – Comparação entre perfis das diversas praias analisadas

Em todas as praias analisadas, todos os perfis apresentam-se estáveis ao longo do período de observação, com a exceção da última campanha do perfil Norte na praia de Quiaios.

Da comparação entre perfis, é possível concluir que:

- A ordem de grandeza da variação dos diferentes perfis ao longo do ano é sempre centimétrica e inferior à incerteza da técnica experimental.

- A análise comparativa entre os perfis de cada praia e entre as três praias estudadas, demonstrou que não existe qualquer relação entre a ordem de grandeza da variação da duna e a intensidade da ação antrópica. A única exceção possível é a última campanha do perfil Norte na praia de Quiaios.

Apesar do período analisado não ser o mais indicado para verificar os efeitos das actividades antrópicas, os resultados obtidos não demonstram qualquer impacto da ação antrópica na variação dos diferentes perfis dunares ao longo do ano.

Como o período de observação foi atípico em termos de pluviosidade e ação do vento (reduzida), os perfis dunares não apresentaram qualquer variação significativa.

6.5 - Análise da Vegetação

Para completar a análise do estado de consolidação da duna, a análise do levantamento da vegetação é apresentada.

6.5.1 – Praia de Mira

No perfil Sul na praia de Mira observou-se um maior número de espécies vegetais do que os restantes perfis efetuados na mesma praia. Outra espécie observada apenas no perfil Sul na praia de Mira é o *Eryngium maritimum*, isto pode dever-se ao facto desta espécie possuir adaptação à exposição ao vento. No perfil Intermédio da Praia de Mira a vegetação é inexistente. No perfil a Norte da Praia de Mira é visível alguma vegetação mas esta é em menor quantidade que no perfil a Sul na praia. No entanto, a presença da espécie *carpobrutus edulis* indica que o local poderá não se encontrar nas melhores condições de consolidação da duna, pois esta espécie é invasora e surge em zonas que se encontram frágeis quanto ao seu estado natural.

Pode-se concluir que o perfil Norte é o que se apresenta mais suscetível de sofrer eventos de erosão.

6.5.2 – Praia do Palheiro

Na praia do Palheiro, especificamente no perfil Sul, observa-se uma duna frontal quase totalmente coberta por vegetação, sendo muito abundante o *Elymus farctus* e a *Euphorbia*

paralias. O *Elymus farctus* é caracterizado por desenvolver várias adaptações, respetivamente a fatores ambientais, como o soterramento na areia, inundação pela água salgada e resistência a temperaturas elevadas, sendo por isso das espécies mais abundantes na praia do Palheirão. A vegetação no perfil Norte é semelhante à encontrada no perfil Sul, tanto em espécies como em distribuição. Isto indica uma uniformidade da distribuição da vegetação e conservação dos perfis.

6.5.3 – Praia de Quiaios

Na praia de Quiaios, o perfil Sul na praia apresenta alguma vegetação. No entanto, sendo já visíveis corredores eólicos, é possível registar que a vegetação existente não proliferou ou então as espécies existentes não se adaptaram às condições naturais que a praia sofre. Contudo uma espécie bastante comum nesta praia é a *Ammophila arenaria*, capaz de se adaptar a elevadas temperaturas e ao soterramento de areias. Os perfis Intermédio e Norte apresentam a mesma distribuição de espécies, tanto em número como em topologia.

CAPÍTULO VII – Considerações Finais

VII. Considerações Finais

A hipótese deste estudo consiste em: *num ano atípico de pouca pluviosidade e vento ser possível isolar os fatores naturais dos fatores antrópicos que causam erosão para se estimar qual dos fatores influencia mais essa erosão e a resultante destruição dunar.*

A hipótese do estudo pode ser interpretada como “num ano atípico de pouca pluviosidade e vento é possível quantificar se a ação antrópica é suficiente para causar um nível de erosão da duna significativa e experimentalmente quantificável.”

Para testar esta hipótese foi quantificada a evolução dos cordões dunares frontais em três praias, procurando identificar indícios de erosão ou acreção. A escolha das três praias foi baseada tanto na sua similaridade geomorfológica como nas suas diferenças em termos da ação antrópica.

Impacte da ação antrópica nos perfis dunares

A análise da evolução dos perfis dunares e cota da crista da duna frontal nas praias de Mira, Palheirão e Quiaios foi avaliada para três perfis transversais à linha de costa, definidos pela sua similaridade geomorfológica e exposição à ação antrópica, especificamente a sua localização em relação ao sistema de passadiços.

A análise dos resultados para o primeiro grupo de perfis (perfis Sul realizados nas laterais do passadiço de cada praia) demonstra que a cota da crista da duna: (I) manteve-se estável ao longo do período de observação na praia de Mira (praia de elevada pressão antrópica), (II) manteve-se estável em Quiaios (praia de moderada pressão antrópica), (III) e manteve-se estável na praia do Palheirão (praia de reduzida pressão antrópica). Tendo em conta que a intensidade de vento e as condições de pluviosidade não eram propícias à mobilização de sedimentos (fig. III-14 a III-22 e fig. III-12 a III-13), podemos concluir que a ação antrópica indireta não é um fator relevante na dinâmica da duna frontal e que a ação antrópica direta, como é o caso do pisoteio, não é relevante pois admite-se que esta está centrada na movimentação de pessoas nos passadiços e que portanto não ocorre pisoteio nas dunas.

Adicionalmente pode-se concluir que os passadiços implementados são eficazes na sua função secundária: auxiliar a retenção de sedimentos. Contudo, apesar de se visualizarem partículas arenosas nos passadiços (indício do processo de retenção de sedimentos).

O segundo e terceiro grupos de perfis, situados a Norte do primeiro grupo de perfis em cada uma das praias, não apresentam alterações significativas, e tal como os perfis a Sul mantêm-se.

A análise dos resultados não apresenta variações significativas em nenhum dos três grupos de perfis em nenhuma das três praias, exceto para ligeiras alterações detetadas em duas campanhas no perfil Norte na praia de Quiaios. No entanto, estes resultados para o perfil Norte na praia de Quiaios não são conclusivos.

A similaridade da evolução nula do perfil dunar entre as praias de maior ação antrópica (Mira e Quiaios) e a praia de controlo nega a hipótese de que nas praias de Mira e Quiaios ocorre uma situação onde uma ação de erosão por ação antrópica cancelaria um crescimento natural do perfil dunar. Se tal hipótese fosse correta, seria expectável verificar uma acreção do cordão dunar da praia do Palheirão durante o período de observação.

Observação qualitativa da utilização das praias

Durante o trabalho de campo observou-se o comportamento dos utentes nas diferentes praias. Na praia de Mira, a população local e os turistas encontram-se sensibilizados para a importância deste espaço, exceto os trabalhadores de arte xávega ou dos armazéns da lota que usam indiscriminadamente o cordão frontal para entrar e sair da praia (barcos, atrelados com rede, tratores, etc). Contudo, continuam a exercer-se ações negativas tal como o pisoteio, principalmente na duna a Norte. Das três praias analisadas, a Praia de Mira é a que possui o maior número de estruturas de defesa costeira (esporão imediatamente a Sul da avenida), uma reação aos existentes índices de erosão costeira. A praia do Palheirão não sofreu muitas intervenções humanas exceto a existência de passadiços e o cordão dunar frontal encontra-se consolidado. A praia de Quiaios está equipada com um bom sistema de acesso. No entanto, os utentes que utilizam a praia para prática desportiva acabam por não “respeitar as zonas verdes” da mesma, colocando os utensílios desportivos sobre a vegetação das dunas durante todo o ano, em especial no verão. A praia apresenta alguns fenómenos de erosão (previamente detetados antes da realização da primeira campanha), maioritariamente a formação de corredores eólicos (perfil Norte).

Vulnerabilidade

Outro aspeto relevante para estes ambientes é a crescente vulnerabilidade destas zonas. A vulnerabilidade está diretamente relacionada com algumas características dos acessos, bem como à pressão exercida pelo visitante. Pode-se afirmar que se esperaria que a Praia de Mira fosse a mais vulnerável, seguida da praia de Quiaios e por fim a menos vulnerável a praia do Palheirão, pois a praia de Mira possui maior número de estruturas de defesa costeira e uma atividade de pesca típica, enquanto Quiaios possui um ou outro concurso de prática desportiva marítima e alguns turistas. O palheirão não é uma zona muito conhecida e a sua praia é considerada selvagem sendo por isso considerada a menos vulnerável. Os resultados obtidos evidenciam que o mesmo não sucede, pois não ocorre diminuição de sedimentos nas praias com maior índice de utilizadores.

Vegetação

A vegetação é um meio de estabilização das dunas mas também um indício de algumas características das praias (dependendo das adaptações características de cada espécie), complementando a análise dos perfis.

O equilíbrio dos sistemas dunares está intimamente ligado ao grau de conservação da vegetação. Apesar das espécies que colonizam as praias possuírem adaptações ecológicas que lhes permitem sobreviver num meio tão adverso, estas apresentam uma elevada intolerância a mudanças provocadas pelas atividades antrópicas, como, por exemplo o pisoteio. O pisoteio pode resultar na formação de caminhos que atravessam o cordão dunar e o deixam instável, impedindo ou dificultando a regeneração da vegetação. Um ponto crucial da importância da vegetação, especificamente neste estudo, é que algumas espécies são indicativas do estado das zonas onde habitam. Pode-se inferir que a menor quantidade de espécies é um sinal de uma menor estabilidade e maior vulnerabilidade da duna. Adicionalmente, a presença da espécie *Carpobrotus edulis* é um indicador que a zona se encontra em degradação/destruição. Logo, a presença da espécie *Carpobrotus edulis* nas praias de Mira e Quiaios confirma que estas praias apresentam zonas de maior degradação do que a praia do Palheirão, onde esta espécie não foi encontrada.

Os resultados quantitativos das medições dos perfis e os resultados qualitativos do levantamento da vegetação existente são complementares: a vegetação existente indica que, como expectável, as praias de Mira e Quiaios sofrem uma maior pressão antrópica do que a praia do Palheirão. No entanto, embora essa pressão antrópica cause danos locais em certos pontos da

duna, o volume da ação antrópica não afetou significativamente o volume global/perfil dunar da zona estudada durante o período de observação.

Evolução da zona baixa da praia

Da análise dos resultados obtidos conclui-se que a agitação marítima é o principal fator que influencia a dinâmica da zona baixa da praia. A agitação marítima transfere sedimentos da praia emersa para a submersa e vice-versa, dependendo da estação do ano. A formação de bermas é igualmente uma consequência de períodos de mar pouco agitado, geralmente no verão. Não se observou o ataque, por parte da agitação marítima, do cordão dunar frontal em nenhuma das praias estudadas durante o período de observação.

Teste da Hipótese

Por fim, pode-se afirmar que foi comprovada a hipótese formulada: na ausência de uma ação natural significativa, foi possível isolar uma ordem de grandeza da ação antrópica.

A ausência de indícios de uma erosão mais acentuada nas duas praias sujeitas a uma maior pressão antrópica em relação à praia sujeita a uma menor ação antrópica (praia de controlo) indica que a ordem de grandeza da ação antrópica é inferior à incerteza experimental do estudo. A ausência de uma variação significativa no perfil dunar das três praias ao longo do período de observação nega a hipótese que efeitos da ação antrópica possam estar “escondidos” por efeitos da ação natural.

Uma possível inferência deste resultado relaciona-se com o fato de que, para as três praias consideradas, a dinâmica dunar frontal está fortemente condicionada pela disponibilidade sedimentar e não tanto pela ação antrópica exercida diretamente pelos utilizadores das praias (disponibilidade sedimentar influenciada indiretamente pelas ações antrópicas – construção de barragens; dragagens nos estuários e portos; extração de inertes nos rios e construção de obras transversais que dificultam a deriva litoral de sedimentos- molhes dos portos e esporões).

Uma conclusão deste trabalho é que a própria ação antrópica impede a sua quantificação pelo método adotado de realização de perfis. A utilização da praia e em especial da duna diminui a capacidade de repetir os mesmos transeptos em cada campanha. Esta conclusão sugere que para futuras investigações, onde se procure quantificar pequenas variações do perfil dunar (pouco superiores à incerteza inerente ao equipamento) é necessário definir uma metodologia que permita diminuir a incerteza devido à acessibilidade ao objeto de estudo (neste caso, o perfil

dunar). Nessa nova metodologia a utilização de dois pontos de referência na zona de crista da duna poderão servir como referências azimutais para que todos os perfis das várias campanhas, num mesmo local, sejam realizados ao longo do mesmo transepto. Eventuais obstáculos serão contornados sem por em causa o rumo adotado para o perfil.

Um outro fator a ter em conta é se o real efeito dos passadiços é a acreção ou a erosão de sedimentos.

Com este trabalho foi adquirido conhecimento específico da geologia costeira, especificamente no conhecimento e aprofundamento da dinâmica da duna frontal. Conclui-se que a ação antrópica direta não influencia a dinâmica da duna frontal, mas as ações indiretas estão estritamente relacionadas com a dinâmica da duna frontal.

Investigação futura

Um possível tema para futura investigação é a análise da vulnerabilidade efetiva da duna frontal, através da criação de índices de vulnerabilidade (“checklists”) adequados aos diversos tipos de praias e a condições climatéricas. Possíveis questões para esta investigação são:

- Qual o volume máximo da ação antrópica aceitável para uma praia? Quais os fatores que a influenciam? Como relacionar o número de ações e a qualificação do tipo de ações e como quantificar o volume de ação?
- Quais os indicadores de controlo do nível de vulnerabilidade?

A quantificação objetiva da vulnerabilidade das praias permite a avaliação do risco/retorno de ações de preservação das praias como: a realização de inquéritos aos utilizadores da praia e dinâmicas de sensibilização e formação; aumento de fiscalização (colocando possíveis multas) e a implementação de um programa contínuo de monitorização das praias e da dinâmica da duna frontal.

Outro possível tema: num ano de elevada ação natural, os sistemas dunares em praias com maior ação antrópica teriam uma maior alteração dos perfis dunares? E se as praias de elevada ação antrópica contêm um maior número de estruturas (passadiços, etc) que servem como acumuladores de sedimentos na zona máxima da crista da duna, compensado assim todo o ecossistema.

Referências Bibliográficas

- Abecasis, F. (1997). "Caracterização Geral Geomorfológica e Aluvionar da Costa Continental Portuguesa". *Coletânea de Ideias Sobre a Zona Costeira de Portugal*, Associação Eurocoast-Portugal, 9-24 p.
- Almeida, A. (1990). "Os solos na paisagem das dunas de Quiaios". *Cadernos de Geografia*, Coimbra, 9. 151-162 p.
- Almeida, A. (1991). "A morfologia das dunas de Quiaios". *Cadernos de Geografia*, Coimbra, 10. 233-251 p.
- Almeida, A. (1995). "*Dunas de Quiaios, Gândara e Serra da Boa Viagem. Uma abordagem ecológica da paisagem*". Dissertação apresentada à Universidade de Coimbra para a obtenção do grau de Doutor em Geografia Física. Coimbra, 305 p.
- Almeida, A. (2001). "O balanço de sedimentação em corredores de deflação na duna frontal de Quiaios, Costinha e Tocha". In M.E.A. Moreira, A.C. Moura, H.M. Granja & F. Noronha (ed.), *Homenagem (in honorium) Professor Doutor Gaspar Soares de Carvalho*, Braga, 177-184 p.
- Almeida, A. (2003). "O sistema dunas costeiro". Documentos das *jornadas Litoral'03*. Figueira da Foz, 56-59 p.
- Ângelo, C. (1991). "Taxas de Variação do Litoral Oeste: Uma Avaliação Temporal e Espacial". Atas do Seminário: A Zona Costeira e os Problemas Ambientais. Associação EUROCOAST. Portugal, 109-120 p.
- Baptista, P., Bastos, L, Veloso-Gomes, F. (2004a). "Impacte Morfodinâmico de uma Obra de Proteção Costeira: O Quebra-mar da Aguda". *Atas da 4ª Assembleia Luso-Espanhola de Geodesia e Geofísica*. Figueira da Foz, 27-28 p.
- Baptista, P., Bastos, L., Cunha, T., Bernardes, C., Dias, A. (2004b). "Monitorização de Litorais Arenosos". *Atas da III Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia*. Aveiro, Portugal. Dezembro 2002. Edições Lidel, Maio 2004, 77-85 p.

Baptista, P. (2006). *“O Sistema de Posicionamento Global Aplicado ao Estudo de Litorais Arenosos”*. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Doutor em Geociências. Aveiro, 329 p.

Baptista, P., Bastos, L., Cunha, T., Bernardes, C., Dias, J.A. (2008). “Aplicação de metodologias de monitorização GPS em litorais arenosos: Geração de modelos de elevação do terreno”. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 8 (1): 9-23p.

Baptista, P., Cunha, T., Bernardes, C., Gama, C. (2011). “Metodologia inovadora para monitorização da erosão costeira”. Comunicação LNEC, 3-4 de Fevereiro, 3 p.

Barbosa, B., Soares, A., Manupella, G., Henriques, M. (1988). “Notícia explicativa da Folha 19-A Cantanhede”. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 1 p.

Barbosa, J., Gomes, F. e Pinto, F. (2003). “Indicators of A Gis-Based Aerial Images Analysis of the Portuguese Northwest Coastal Dynamics”. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 7 p.

Bernardes, C. (2009). Apontamentos de Geologia Costeira, Licenciatura em Ciências do Mar, Universidade de Aveiro (não publicado).

Boto, A. (1997). *“Evolução da Zona Costeira Entre a Costa Nova do Prado e o Areão”*; Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Mestre em Ciências das Zonas Costeiras (não publicada). Aveiro, 209 p.

Carvalho, G. (1964). “Areias da Gândara (Portugal) – uma formação eólica Quaternária”. Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciências, 81, 4ª sér., Porto, 7-32 p.

Carvalho, G., Granja, H., Loureiro, E., Henriques R. (2006). “Late Pleistocene and Holocene environmental changes in the coastal zone of northwestern Portugal”. *Journal of Quaternary Science*, 21 (8), 859-877 p.

Carvalho, J., Barceló, J. (1966). “Agitação Marítima na Costa Oeste de Portugal Metropolitano - Contribuição Para o Seu Estudo”. Memória n.º 290, Ministério das Obras Públicas, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 34 p.

Coelho, C. (2005). *“Riscos de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira”*. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil. Aveiro, 404 p.

Costa, J. C. (2001). “Tipos de Vegetação e Adaptações das Plantas do Litoral de Portugal Continental”. In: Albergaria Moreira, M. E., A. Casal Moura, H. M. Granja & F. Noronha (Ed), *Homenagem (in honorum) Professor Doutor Soares de Carvalho*. Universidade do Minho. Braga: 283-299 p.

Costa, M., Silva, R., Vitorino, J. (2001). “Contribuição para o estudo do clima de agitação marítima na costa portuguesa”. *2ª Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária*. Associação Nacional de Navegação. Sines. CD-ROM, 20 p.

Dias, J. (1993). “Estudo de Avaliação da Situação Ambiental e Proposta de Medidas de Salvaguarda para a Faixa Costeira Portuguesa (Geologia Costeira) ”. Liga para a Proteção da Natureza/Ministério do Ambiente. Portugal, 139 p.

Dias, J., Ferreira, O., Pereira, A. (1994). “Estudo Sintético de Diagnóstico da Geomorfologia e de Dinâmica Sedimentar dos Troços Costeiros Entre Espinho e Nazaré” (relatório final). Esamin (Estudos de Ambiente e Informática, Lda), Lisboa, 303 p.

Diogo, M. (2004). *“Evolução da Linha de Costa da Praia da Vagueira”*. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Mestre em Ciências das Zonas Costeiras (não publicada). Universidade de Aveiro, 198 p.

Ferreira, Ó. (1993). *“Caracterização dos principais fatores condicionantes do balanço sedimentar e da evolução da linha de costa entre Aveiro e Cabo Mondego”*. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-graduação em Geologia Económica e Aplicada, Lisboa, 168 p.

Flor, G. (1990). "Tipología de dunas eólicas, procesos de erosión-sedimentación costera e evolución litoral de la Provincia de Huelva (Golfo de Cádiz occidental, sur de España)". *Estudios Geológicos*. 46: 99-109 p.

Flor, G. (1998). "Classification and Characterization of Eolian Dunes in Temperate Rocky Coasts. The Spanish Peninsular Eolian Fields" In: *Dunas da Zona Costeira de Portugal*. Associação Eurocoast-Portugal (Ed). Porto: 29-42 p.

Freitas, H., Leitão, M. (1989). "As Dunas da Murtinheira: Contribuição para o estudo ecológico e fitossociológico dos ecossistemas dunares". *Boletim da Sociedade Broteriana*, 62, 2ª série, Instituto Botânico, Universidade de Coimbra, 139-153 p.

Gama, C., Taborda, R., Dias, J. A. (1997). "Sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica (storm surge) em Portugal continental." *Coletânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal*". Associação Eurocoast-Portugal (Ed). Porto: 131-149 p.

GEOTA. (2005). Campanha Coastwatch 2004/05. As Potencialidades do Litoral. Relatório Nacional da Campanha Coastwatch, Grupo de Estudos do Ordenamento do Território e Ambiente, Lisboa. 29 p.

Granja, H. (1999). "Evidence for late Pleistocene and Holocene Sea-level, Neotectonic and Climate Control en the Coastal Zone of Northwest Portugal". *Geologie en Mijnbouw*, Kluwer Academic Publishers-Netherlands, 77: 233-245 p.

Granja, H., Bastos, L., Pinho, J., Gonçalves, J., Henriques, R., Bio, A., Mendes, J., Magalhães, A. (2011). "Integração de metodologias no estabelecimento de um programa de monitorização costeira para avaliação de risco". Universidade do Minho, 11 p. ([7])

Hesp, P. A. (2002a). "Foredunes and Blowouts: Initiation, Geomorphology and Dynamics". *Geomorphology*. 48: 245-268 p.

Hesp, P. A. (2002b). "A Gênese de Cristas de Praias e Dunas Frontais". *Mercator*. 2: 119-125 p.

Hunter, R. E., Richmond, B. M., Alpha, T. R. (1983). "Storm-controlled Oblique Dunes of the Oregon Coast". *Geological Society of America Bulletin*. 94 (12): 1450-1465 p.

ICNB (2006). Plano de Ordenamento do Parque Natural da Ria Formosa. Estudos de Caracterização. Instituto da Conservação da Natureza e Biodiversidade. 2: 4-19 p.

Instituto da Água (2006). Execução da Recomendação sobre Gestão Integrada da Zona Costeira em Portugal. Relatório de Progresso. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Instituto da Água. 98 p.

Jesus, M. (2003). *“Morfodinâmica do cabedelo da foz do rio douro: perspetiva histórica e monitorização por GPS para o conhecimento da sua evolução atual. Aplicabilidade pedagógica numa vertente CTSA”*. Dissertação apresentada à Universidade do Porto para obtenção do grau de Mestre em Geologia para o Ensino. Porto, 234 p.

Komar, P. (1998). *“Beach Processes and Sedimentation”*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, Inc. 544p.

Marchante, E; Freitas, H.; Marchante, H. (2008). Guia Prático para a Identificação de Plantas Invasoras de Portugal Continental. Imprensa da Universidade de Coimbra. Coimbra, 182 p.

McKee, E. (1979). “An introduction to the study of global sand seas”. In A Study of Global Sand Seas, E. McKee, ed., Washington, U. S. *Geological Survey Paper* 1052, 1- 20 p.

McKee, E. D. (2004). “A Study of Global Sand Seas”. University Press of the Pacific. 440 p.

Menezes, G. (2011). *“Estudo da Evolução da linha de costa entre o cabo Mondego e Aveiro (1958-2010)”*. Dissertação apresentada à Universidade de Coimbra para a obtenção do grau de Mestre em Geociências. Coimbra, 81 p.

Namboothri, N., Subramanian, D., Muthuraman, B., Sridhar, A., Rodriguez, S., Shanker, K. (2008). “Beyond the Tsunami: Coastal Sand Dunes of Tamil Nadu, India – An Overview”. UNDP/UNTRS. Chennai and ATREE. Bangalore. India. 56 p.

Noivo, L. (1996). *“Morfologia e dinâmica sedimentar das dunas de Quiaios, Portugal”*. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Mestre em Ciências do Mar e Zonas Costeira. Aveiro, 172 p.

Noivo, L. e Bernardes, C. A. (1998). *“As Dunas de Quiatos/Tocha – Sua Morfologia e Evolução”*. In: *Dunas da Zona Costeira de Portugal*. Associação Eurocoast-Portugal (Ed). Porto: 91-104 p.

Oliveira, I., Valle, A., Miranda, F. (1982). *“Litoral Problems in the Portuguese West Coast”*, Coastal Engineering Proceedings, III, 1951-1969 p.

Oliveira, M. (2005). *“Determinantes do desenvolvimento do pinhal bravo em áreas dunares – as dunas de Mira”*. Dissertação apresentada à Universidade de Coimbra para a obtenção do grau de Mestre em Geografia, especialidade em Geografia Física e Estudos Ambientais. Coimbra, 146 p.

Pereira, A. I., (2008). *“Modelação da Agitação Marítima em Zonas Costeiras”*. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa (Instituto Superior Técnico) para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Arquitetura Naval. Lisboa, 80 p.

Pye, K., e Tsoar, H. (2009). *“Aeolian Sand and Sand Dunes”*. Springer. Berlin. 458 p.

Rede Atlântica para a Gestão dos Riscos Costeiros (Ancorim) (2012). *“Panorama das soluções soft de proteção costeira”*, BRGM e ONF (França).

Rei, M. (1924). *“Pinhais e dunas de Mira: Subsídios para a sua História: 1919 a 1924”*. Figueira da Foz, 41 p.

Rey, S., Bernardes, C. (2006). *“Short-term Morphodynamics of Intertidal Bars, The Case of Areão Beach (Aveiro, Northwest Portugal)”*. *Journal of Coastal Research*, SI 39, 588-593 p.

Silva, B. (2001). *“Caracterização da paisagem das Dunas de Mira numa perspetiva ecológica”*. Dissertação apresentada à Universidade de Coimbra para a obtenção do grau de Mestre em Geografia, especialidade em Geografia Física e Estudos Ambientais. Coimbra, 256 p.

Sousa, C. (2010). *“Vulnerabilidade dos Sistemas Dunares da Praia do Meco”*. Dissertação apresentada à Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil de Engenharia Ecológica. Lisboa, 138 p.

Referências Eletrónicas

- [1] <http://www.meteo.pt/pt/> - acedido diariamente
- [2] <http://www.windguru.cz/pt/> - acedido diariamente
- [3] <http://www.hidrografico.pt/previsao-mares.php> - acedido diariamente
- [4] Google earth- figuras referentes a 22-03-2010 às 10 horas ([Aveiro-baixa-mar (1,23 às 12h.45min)];[Figueira-baixa-mar (1,23 às 12h.27min)])
- [5] <http://www.nature.nps.gov/geology/parks/whsa/geows/Chapter10/fig1014.pdf> - acedido a 7-3-2012
- [6] http://www.gpp.pt/seca2012/Relatorio_6_GTSeca2012.pdf - acedido a 20-6-2012
- [7] <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/16085> acedido a 1-2-2012

Glossário

ADAPTAÇÃO: Ajuste de sistemas humanos ou naturais como resposta a um estímulo previsto ou aos seus efeitos, que reduz os danos ou explora oportunidades benéficas.

ALTITUDE: Distância vertical entre um ponto e uma superfície de referência.

ALTURA: Distância entre a base e o topo de um objeto.

ATIVIDADE ANTRÓPICA: Qualquer ação ou intervenção realizada por um ser humano. A desflorestação, pesca, agricultura e a maioria das emissões de gás carbônico para a atmosfera são atividades antrópicas.

BAIXA-MAR (DE MARÉS VIVAS): É o valor médio, tomado ao longo do ano, das alturas de maré de duas baixa-mares sucessivas, que ocorrem quinzenalmente quando a amplitude de maré é maior.

BIODIVERSIDADE: O número, variedade e variabilidade dos organismos. Inclui a diversidade de uma espécie (diversidade genética), entre diferentes espécies (diversidade de espécies) e entre ecossistemas (diversidade de ecossistemas).

COORDENADAS: COORDENADAS CARTESIANAS: Sistema de coordenadas, no plano (ou no espaço tridimensional), que utiliza duas (ou mais) medidas de distância aos eixos, perpendiculares entre si, para referenciar posições. No caso dos sistemas de coordenadas planas, os eixos são, geralmente, designados por abcissas e ordenadas. **COORDENADAS GEODÉSICAS:** Sistema de coordenadas, retangulares ou geográficas, definido numa determinada superfície de referência geodésica. **COORDENADAS GEOGRÁFICAS:** Latitude e longitude definidas na superfície terrestre, ou numa superfície de referência.

ECOSSISTEMA: Um sistema composto por comunidades de plantas, animais, fungos e microrganismos, bem como o ambiente inanimado envolvente e as suas interações enquanto unidade orgânica.

ESPÉCIE: Um grupo de organismos que se distingue de todos os outros grupos de organismos e que são capazes de criar e produzir rebentos férteis. Esta é a unidade básica de classificação de plantas e animais.

ESPORÃO: Uma parede ou pontão de pedra ou madeira que sai de uma margem de um rio ou da costa, que interrompe a corrente num determinado ponto a fim de alterar o seu curso.

INTERPOLAÇÃO: Procedimento científico, com auxílio de programas, que possibilita adquirir valores não amostrados através de medições efetuadas na vizinhança.

MORFODINÂMICA: Adaptação correspondente entre a topografia e a dinâmica de fluídos, envolvendo o transporte de sedimentos.

NÍVEL MÉDIO DAS ÁGUAS DO MAR: É o valor médio das alturas horárias da maré, relativamente a um nível de referência fixo, resultante de séries de observações maregráficas de duração variável.

POPULAÇÃO: Grupo de pessoas que habitam numa determinada área ou que partilham características similares (tal como, profissão, idade, etc.).

POSIÇÃO: Localização de um objeto à superfície terrestre, expressa através de um dos sistemas de coordenadas geográficas e cartográficas.

POSICIONAMENTO: Conjunto de técnicas e métodos utilizados na determinação da posição à superfície terrestre.

PRECISÃO: Capacidade de adquirir resultados através de repetições de observação.

PREIA-MAR DE MARÉS VIVAS: É o valor médio, tomado ao longo do ano, das alturas de maré de duas preia-mares sucessivas, que ocorrem quinzenalmente quando a amplitude de maré é maior.

SALINIDADE: Uma medida de concentração de sal na água.

SALINIZAÇÃO: Processo de acumulação de sal nos solos.

SUSTENTABILIDADE: Uma condição em que as necessidades da população atual e local podem ser preenchidas sem que se ponha em perigo a capacidade das gerações ou populações futuras de outras regiões em preencher as suas próprias necessidades.

TRILATERAÇÃO: Técnica de transporte de coordenadas utilizadas em geodesia e topografia, baseada na medição de distâncias entre estações (Gaspar, 2004 *in* Baptista, 2006).

VULNERABILIDADE: Ponto no qual um sistema é capaz ou não de enfrentar os efeitos negativos da mudança climática, variabilidade climática e fenómenos extremos.

Anexos



Anexos

APÊNDICE A – Avaliação da incerteza associada à definição do trajeto do perfil no plano horizontal.

A repetibilidade das medições nas diversas campanhas é dependente de executar as medições no mesmo perfil em todas as campanhas. No entanto, esta condição ótima não é obtida em prática. Diversas fontes de erro conduzem a que o perfil executado difira de campanha para campanha. Estes erros são devidos a:

- Incerteza da medição da posição utilizando o sistema GPS.
- Erro de trajetória devido ao transporte manual do sistema de antena móvel.
- Impossibilidade de repetição da trajetória do perfil devido a obstáculos no perfil.

Nos resultados apresentados no Capítulo V- *Resultados* são visíveis as diferenças de trajetória nas diferentes campanhas em cada perfil. O impacto destas diferenças varia para cada perfil. O erro da cota em função do erro de posição em cada campanha e em cada ponto do perfil é dependente do gradiente da cota na direção normal à trajetória do perfil em cada ponto do mesmo. O gradiente da cota na direção normal à trajetória do perfil varia ao longo do mesmo. Uma avaliação da incerteza/erro da cota deverá ser avaliado ao longo de cada perfil para cada campanha. No entanto, esta metodologia corresponde a uma representação tridimensional da superfície do perfil em largura, o que aumenta consideravelmente a complexidade do trabalho experimental e o número de medições. Por outro lado, os resultados dos perfis transversais demonstram que o perfil não sofre variações significativas de cota entre campanhas. Como grande parte dos valores de diferença entre campanhas são inferiores à incerteza da medição de cota, devido à precisão do sistema de medição, falta avaliar se o erro/incerteza da cota devido ao erro/incerteza de trajetória poderá justificar outro intervalo das diferenças verificadas entre campanhas. O erro/incerteza da diferença de cota entre duas campanhas em qualquer ponto do perfil (correspondendo a dois pontos na trajetória das duas campanhas) é proporcional à distância entre os pontos nas duas campanhas na direção normal à trajetória do perfil e ao gradiente de cota médio entre os dois pontos.

Na avaliação do gradiente é possível considerar duas escalas:

- Um gradiente médio ao longo de uma distância igual ao superior à distância entre os dois pontos (declive da duna na direção considerada).
- Um gradiente local, devido a irregularidades locais da cota da duna (montículos, vegetação, obstáculos, depressões na duna, etc).

A estimativa da primeira escala requer a medição de um perfil normal à direção do perfil. A segunda escala é semelhante às flutuações locais de cota do perfil ao longo da direção principal, e podem ser estimadas por uma análise da variação em pequena escala da cota do perfil dunar.

A.1 Medição de um perfil transversal ao perfil longitudinal.

Na zona do perfil Mira Norte foram efetuadas medições de um perfil transversal ao perfil longitudinal. A localização das trajetórias destes perfis é apresentada na figura A.1

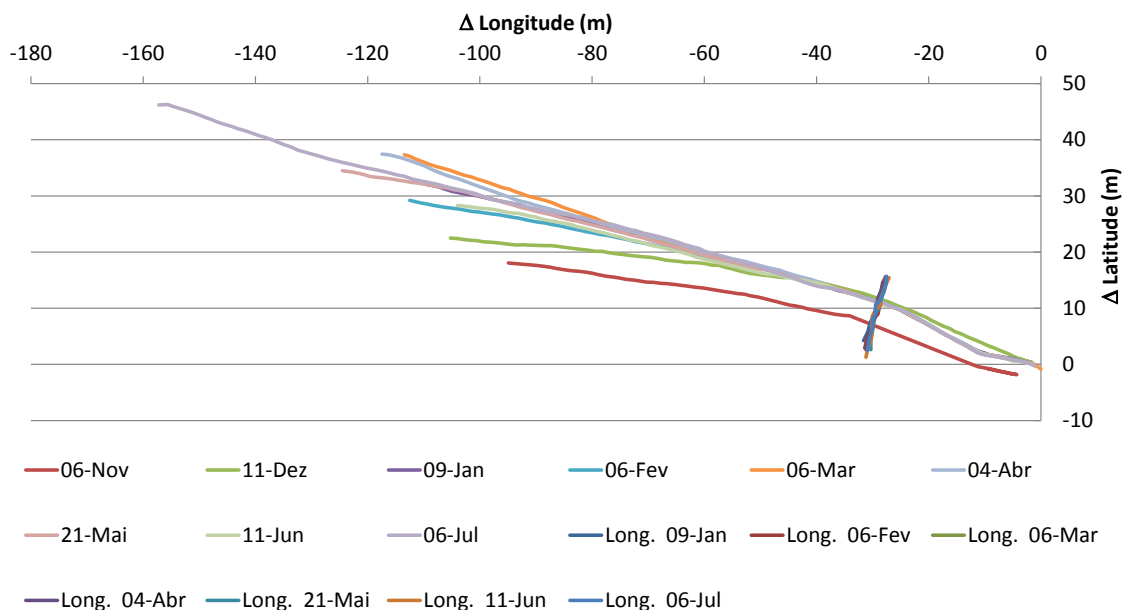


Figure A.1: Trajetória no plano dos perfis transversais e longitudinais no perfil Norte na praia de Mira.

Na figura A.2 são apresentadas as cotas ao longo do perfil longitudinal para as diversas campanhas. O ponto de distância nula representa o ponto de interseção entre os perfis transversais e longitudinais. Os valores positivos de distância indicam maior latitude.

A figura A.2 apresenta uma regressão linear da cota ao longo da distância para cada campanha. Estas regressões lineares apresentam um declive entre $-0,02\text{m/m}$ e $0,04\text{m/m}$. Embora estes declives possam contribuir para a incerteza da medição se o erro entre trajetórias é significativo (escala de vários metros), o valor é inferior às variações na pequena escala devido a irregularidades locais da cota da duna. Os pontos de cota de cada campanha do perfil apresentam gradientes mais elevados do que o gradiente médio ao longo do perfil total. No entanto, este resultado é igualmente uma consequência das oscilações de trajetória do perfil longitudinal na direção transversal, devido ao elevado gradiente na direção transversal.

A incerteza devido a irregularidades locais da cota da duna pode ser demonstrada na zona da crista da duna no perfil intermédio na praia de Quiaios (figura V-46). Apesar da crista da duna (entre 35m e 40m de distância em relação à origem) apresentar um declive médio de $0,01\text{m/m}$, localmente o declive varia no intervalo entre $-0,25\text{m/m}$ e $0,22\text{m/m}$. Este resultado indica que a incerteza na cota é determinada pela escala de irregularidades na superfície da duna (montículos, vegetação, obstáculos, depressões na duna, etc).

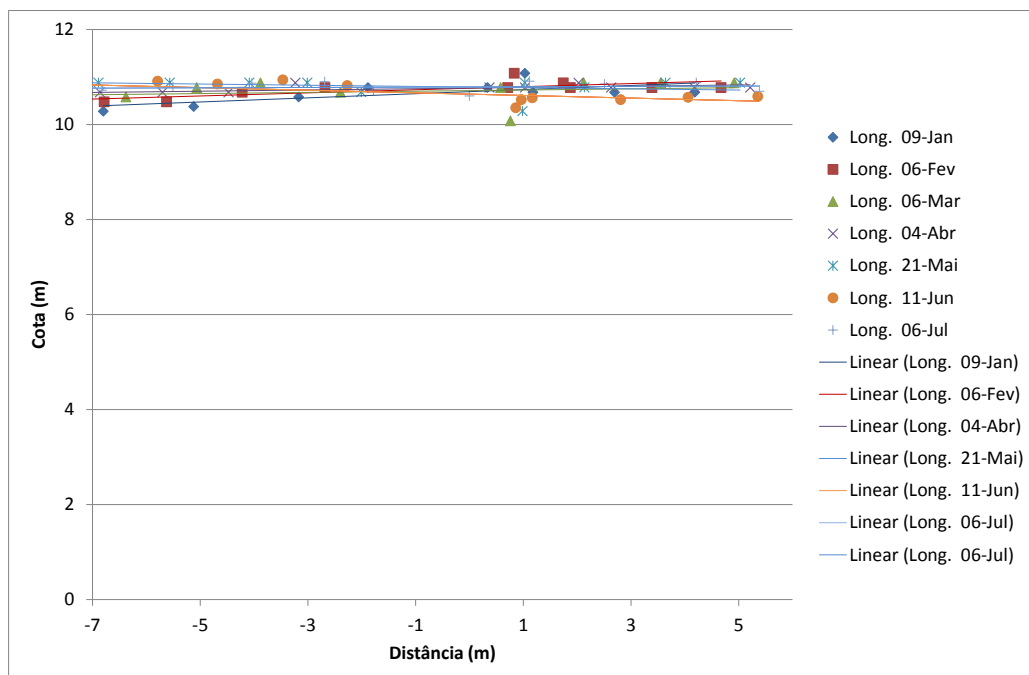


Figura A.2: Distribuição de cota das diferentes campanhas do perfil longitudinal no perfil Norte na praia de Mira.